

Klimatoptimal biogasanvändning i Trelleborgs kommun

RASMUS ANDERSSON | TEKNIK OCH SAMHÄLLE | LTH | LUNDS UNIVERSITET





LUNDS UNIVERSITET

Lunds Tekniska Högskola

Klimatoptimal biogasanvändning i Trelleborgs kommun

Rasmus Andersson

Examensarbete

November 2014

Dokumentutgivare, Dokumentet kan erhållas från	Dokumentnamn
LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA	Examensarbete
vid Lunds universitet	Utgivningsdatum
Institutionen för teknik och samhälle	27/11 2014
Miljö- och energisystem	Författare
Box 118	Rasmus Andersson
221 00 Lund	
Telefon: 046-222 00 00	
Telefax: 046-222 86 44	

Dokumenttitel och undertitel
Klimatoptimal biogasanvändning i Trelleborgs kommun

Sammandrag

Att minska energiförbrukningens klimatpåverkan handlar om att göra energieffektiviseringar och att ersätta fossil energi med icke-fossil. Olika icke-fossila energilösningar ger olika klimatpåverkan sett ur ett livscykelperspektiv, och därför är valet av icke-fossila energilösningar av betydelse för klimatet. Biogas kan användas både för värme- och elproduktion samt som drivmedel. Detta examensarbete är en utredning av vilken användning av biogas som ur klimatsynpunkt bör prioriteras i området Trelleborgs kommun. De användningsområden som jämförs är värme och drivmedel. Användning av biogas för elproduktion har inte beaktats eftersom det finns god tillgång till fossilfri el i Sverige och att fossilfri elförbrukning kan uppnås genom att teckna ett fossilfritt elavtal.

I studien har klimatnyttan av biogas jämförts med klimatnyttan av andra etablerade icke-fossila alternativ inom både värme och drivmedel. Om andra alternativ ger större klimatnytta än biogas inom ett användningsområde bör dessa alternativ prioriteras för att optimera klimatnyttan i energisystemet. Klimatpåverkan från de icke-fossila alternativen har beräknats baserat på indata från befintliga livscykelanalyser. Beräkningarna har skett med hänsyn till lokala förutsättningar, såsom vilka råvaror som bör användas och vilken typ av mark som odling av energigrödor bör ske på. Klimatnyttan med varje icke-fossilt alternativ har beräknats som den utsläppsreduktion (i %) som uppstår när alternativet ersätter de fossila bränslen som används i Trelleborg. Studiens antaganden kring t ex råvaror för bränsle- och värmeproduktion utgår från bl a statistik och potentialutredningar, vilket gör att beräkningarna medför osäkerheter. Därför har resultat beräknats både för olika basfall och med känslighetsanalyser där antaganden och förutsättningar för beräkningarna varierats, vilket visar hur resultaten skulle kunna variera.

På drivmedelssidan har resultaten visat att biogas ger störst klimatnytta av de undersökta drivmedlen. Om biogasen produceras av minst 50 % restprodukter (vilket är de klimatmässigt bästa råvarorna) ger biogasen den största utsläppsreduktionen. Biogas är också det enda drivmedlet som uppnår över 90 % utsläppsreduktion. Känslighetsanalyserna visar att de andra icke-fossila drivmedelsalternativen endast kan uppnå 90 % utsläppsreduktion om klimatmässigt mycket optimistiska förutsättningar antas, sett till hur dagens produktionssystem ser ut.

På värmesidan har resultaten visat att det finns ett flertal icke-fossila alternativ som ger över 90 % utsläppsreduktion. Biogas är inte det bästa värmealternativet även vid en råvarutillförsel med endast restprodukter. Känslighetsanalyser visar dock att biogas *kan* vara det bästa alternativet om man antar att biogasen inte uppgraderas. Uppgradering av biogas är inte nödvändigt om den ska användas för värme lokalt eller via ett nät endast för biogas. Samtidigt visar känslighetsanalyserna att de övriga alternativen med hög klimatnytta håller sig kvar på över 90 % utsläppsreduktion även om man antar klimatmässigt sämre förutsättningar. De visar även att biogas *med* uppgradering, oavsett råvarumix, inte är det bästa alternativet även om klimatmässigt sämre förutsättningar antas för övriga alternativ.

Slutsatsen är att biogas ur klimatsynpunkt bör användas som drivmedel i Trelleborgs kommun. Anledningen är dels att biogas är det drivmedel som ger bäst klimatnytta och att övriga drivmedel inte uppnår ”likvärdig” klimatnytta eller över 90 % utsläppsreduktion, dels att det för värme finns ett flertal ”likvärdiga” alternativ (med över 90 % utsläppsreduktion), eller t o m *bättre* alternativ beroende på vilka förutsättningar som antas för biogasproduktionen.

Nyckelord

Livscykelanalys, fossilfri (eller ”icke-fossil”) energi, biogas, växthusgaser, värme, drivmedel

Sidomfång	Språk	ISRN
75	Svenska	ISRN LUTFD2/TFEM--14/5089--SE + (1-77)

Organisation, The document can be obtained through LUND UNIVERSITY Department of Technology and Society Environmental and Energy Systems Studies Box 118 SE - 221 00 Lund, Sweden Telephone: int+46 46-222 00 00 Telefax: int+46 46-222 86 44	Type of document
	Master thesis
	Date of issue
	27/11 2014
	Authors
	Rasmus Andersson

Title and subtitle
Climate-optimized use of biogas in Trelleborg

Abstract

Reducing climate impact from energy consumption is a matter of improving energy efficiency and replacing fossil energy with non-fossil. Different non-fossil energy alternatives cause different climate impact in a life-cycle perspective and, therefore, the choices between non-fossil energy alternatives have an impact on the climate performance. Biogas can be used for both heat- and electricity production and as a vehicle fuel. This master thesis is an investigation about which type of biogas use in the area of Trelleborg municipality that is preferable in a climate perspective, in which the usage of biogas for heat production and vehicle fuel is compared. Usage of biogas for electricity production has not been included in the study since there is a large supply of non-fossil electricity in Sweden and that non-fossil electricity consumption can be obtained through signing a non-fossil electricity contract.

In this study, the climate benefit of biogas has been compared to the climate benefit of other established non-fossil alternatives within both heat production and vehicle fuels. If other alternatives give higher climate benefit than biogas within one type of usage, these alternatives should be prioritized to minimize the climate impact of the energy system. The climate impact of the non-fossil alternatives has been calculated based on existing life cycle assessments. The calculations have been made with respect to local conditions, such as which raw materials that are likely to be used and what type of land that is used for cultivation of energy crops. The climate impact of the non-fossil alternatives has been calculated as the emission reduction (in %) that occurs when the alternative replaces the fossil fuels that are used in Trelleborg. The assumptions of the study considering e.g biomass resources for fuel- and heat production are based on e.g statistics and production potential investigations, which means that the calculations include different uncertainties. Therefore, results have been calculated both in base-cases and sensitivity analyses, where assumptions and conditions for the calculations have been varied, which displays how the results could vary.

For replacing fossil vehicle fuels, the results show that biogas give the highest climate benefit. If the biogas is produced from at least 50% residues (which gives the lowest climate impact), the biogas gives the highest emission reduction. Biogas is also the only vehicle fuel that reaches over 90% emission reduction. The sensitivity analyses show that the other vehicle fuel alternatives can reach 90% emission reduction only if very optimistic conditions are assumed, compared to how today's productions systems are designed.

For heat production, the results show that there are several non-fossil alternatives that give over 90% emission reductions. Biogas is not the best heat production alternative even assuming a raw material supply of 100% residues. The sensitivity analyses show, however, that biogas *can* be the best alternative assuming biogas without upgrading. Upgrading of biogas is not necessary for heat production locally or with distribution through a network only for biogas. At the same time, the sensitivity analyses show that several other alternatives still have over 90% emission reduction when assuming less optimal conditions from a climate perspective. Upgraded biogas is, regardless of the raw material supply, not the best alternative even if less optimal conditions from a climate perspective are assumed for the other alternatives.

The conclusion is that biogas, from a climate perspective, should be used as a vehicle fuel in Trelleborg municipality. The reason is that biogas shows the best performance and that the other non-fossil fuels do not reach the same climate benefit (or over 90% emission reduction) and that there for heat production are several comparable alternatives (with over 90% emission reduction) or even *better* alternatives, depending on which conditions that are assumed for the biogas production.

Keywords

Life cycle assessment, non-fossil energy, biogas, greenhouse gases, heating, vehicle fuels

Number of pages	Language	ISRN
75	Swedish	ISRN LUTFD2/TFEM--14/5089--SE + (1-77)

Förord

Denna studie är ett examensarbete inom utbildningen Civilingenjör i Ekosystemteknik på Lunds Tekniska Högskola, vid Miljö- och Energisystem, Institutionen för Teknik och Samhälle (IMES).

WSP Environment and Energy i Malmö har initierat detta examensarbete, som har varit en del i projektet Biogassys där bl a WSP och Trelleborgs kommun deltar.

Handledare för examensarbetet har Pål Börjesson, professor i miljö- och energisystem, Lunds Tekniska Högskola och Erik Ronnle, miljökonsult, WSP Environment and Energy, Malmö varit. Examinator för examensarbetet har Lovisa Björnsson, professor i miljö- och energisystem, Lunds Tekniska Högskola varit.

Ett stort tack riktas till WSP och till IMES för möjligheten att genomföra denna studie.

Under arbetets gång har fakta erhållits från bl a Trelleborgs kommuns avdelning för hållbar utveckling, Trelleborgs fjärrvärme AB, Trelleborgs energiförsäljning AB, Eon och SCB. Ett stort tack riktas till dessa organisationer för deras hjälp.

Innehållsförteckning

<i>Sammandrag</i>	3
<i>Abstract</i>	5
<i>Förord</i>	6
1. INFORMATION OM STUDIEN	9
1.1 INLEDNING	9
1.2 SYFTE.....	9
1.3 AVGRÄNSNINGAR	9
1.4. LÄSANVISNINGAR	9
2. BAKGRUND	10
2.1 UTTALADE MÅL	10
2.2 ANVÄNDNING AV STUDIEN	10
2.3 BIOGASANVÄNDNING IDAG	11
3. METOD	11
3.1 SAMMANSTÄLLNING AV FOSSIL BRÄNSLEANVÄNDNING I TRELLEBORGS KOMMUN	11
3.2 LITTERATURSTUDIE KRING BIOGASPOTENTIALEN I TRELLEBORGS KOMMUN.....	12
3.3 KLIMATMÄSSIG UNDERSÖKNING AV OLIKA ICKE-FOSSILA ALTERNATIV	12
3.3.1 <i>Livscykelanalyser</i>	12
3.3.2 <i>Basfall och känslighetsanalyser</i>	12
3.3.3 <i>Tekniska system m m</i>	14
3.3.4 <i>Förutsättningar och antaganden för beräkningarna till huvudresultaten</i>	14
4. RESULTATGRUNDANDE FAKTA	16
4.1 FOSSIL BRÄNSLEANVÄNDNING I TRELLEBORGS KOMMUN	16
4.2 BIOGASPOTENTIAL I TRELLEBORGS KOMMUN	18
4.3 FOSSILA BRÄNSLEANVÄNDNINGEN I FÖRHÅLLANDE TILL BIOGASPOTENTIALEN	19
4.4 BEDÖMNINGAR KRING TEKNISKA SYSTEM M M	19
4.5 UTSLÄPP P G A FORDONSTILLVERKNING	20
4.6 BERÄKNINGSDATA	21
4.6.1 <i>Processvärme</i>	21
4.6.2 <i>Värme (uppv.)</i>	22
4.6.3 <i>Transport</i>	24
5. RESULTAT	27
5.1 HUVUDRESULTAT - UTSLÄPPSREDUKTION	27
5.2 HUVUDRESULTAT - UTSLÄPP I ABSOLUTA TAL	28
5.3 UTÖKADE KÄNSLIGHETSANALYSER	30
5.3.1 <i>Drivmedel</i>	31
5.3.2 <i>Värme (uppv.) och processvärme</i>	33
6 SLUTSATS	34
7. GENOMGÅNG KRING TEKNISK OCH EKONOMISK MÖJLIGHET FÖR GENOMFÖRANDE	35
7.1 GENERELLT OM KOSTNADER FÖR BIOGASPRODUKTION	35
7.2 MÖJLIGHETER TILL ÖKAD LÖNSAMHET	36
7.3 ASPEKTER SOM TALAR FÖR BIOGAS FÖR DRIVMEDEL	36
7.4 ASPEKTER SOM TALAR FÖR BIOGAS FÖR VÄRME	37

7.5 KOMMUNENS MÖJLIGHET ATT PÅVERKA PRODUKTION OCH ANVÄNDNING AV BIOGAS.....	37
7.6 BIOGASENS STÄLLNING PÅ DRIVMEDELSMARKNADEN IDAG.....	38
7.7 SAMMANFATTNING AV GENOMGÅNGEN	39
8. DISKUSSION OCH REKOMMENDATIONER OM FORTSATT ARBETE.....	40
REFERENSLISTA.....	43
BILAGOR.....	50
BILAGA A STATISTIK ÖVER DEN FOSSILA BRÄNSLEANVÄNDNINGEN I TRELLEBORGS KOMMUN	50
A.1 STATISTIKEN FOSSILBRÄNSLE FÖR FOSSILBRÄNSLE	54
BILAGA B INDATA FRÅN LIVSCYKELANALYSER OCH DATABASER	56
BILAGA C BIOGAS FRÅN RESTPRODUKTER.....	57
BILAGA D BIOGAS FRÅN GRÖDOR.....	57
BILAGA E EL.....	57
BILAGA F ICKE-FOSSILA ALTERNATIV FÖR VÄRME (UPPV.) OCH PROCESSVÄRME.....	58
F.1 BIOGAS FÖR VÄRME.....	58
F.2 ELVÄRME.....	58
F.3 FJÄRRVÄRME.....	59
F.4 PELLETSVÄRME.....	60
F.5 HALMVÄRME.....	60
F.6 FLISVÄRME.....	60
BILAGA G ICKE-FOSSILA ALTERNATIV FÖR DRIVMEDEL.....	60
G.1 BIOGAS.....	60
G.2 ETANOL.....	60
G.3 RME	61
G.4 EL	61
G.5 ANVÄNDNING AV ICKE-FOSSILA DRIVMEDEL I ELHYBRIDBIL	62
BILAGA H VERKNINGSGRADER I FORDON.....	63
BILAGA I BEDÖMNINGAR KRING TEKNISKA SYSTEM M M (FÖRDJUPNING).....	64
I.1 TILLVERKNING AV VÄRMEPRODUKTIONSANLÄGGNINGAR/VÄRMEPANNOR	64
I.2 BYGGE AV TANKNINGSSATIONER	65
I.3 LADDNINGSSATIONER.....	65
I.4 FORDONSTILLVERKNING	65
I.5 TRANSPORT/DISTRIBUTION AV BRÄNSLE.....	65
I.6 FJÄRRVÄRMENÄT	66
BILAGA J KLIMATPÅVERKAN FÖR DE ICKE-FOSSILA ALTERNATIVEN (TABELLFORM).....	67
BILAGA K UTÖKADE KÄNSLIGHETSANALYSER (FÖRDJUPNING).....	70

1. Information om studien

1.1 Inledning

Att minska energiförbrukningens klimatpåverkan anses som en angelägen utveckling i stora delar av samhället idag. Förutom att effektivisera energianvändningen handlar en sådan utveckling om att ersätta fossil energi med icke-fossil. Trots att produktionen inte baseras på fossila bränslen medför även icke-fossil energi en viss klimatpåverkan sett ur ett livscykelperspektiv. Olika icke-fossila energialternativ har olika klimatpåverkan beroende på hur produktions- och användningssystemen är utformade, vilket gör att valen mellan icke-fossila energilösningar spelar roll för klimatet. Biogas är ett icke-fossilt och förnybart energilag som används mer och mer i Sverige (Energimyndigheten, 2011; Energimyndigheten, 2013) och som kan utnyttjas både för värme- och elproduktion samt som drivmedel. Vid en utveckling mot mer icke-fossil energianvändning är biogas ett alternativ som alltså kan användas på olika sätt och därigenom ge olika påverkan på klimatet.

1.2 Syfte

Det huvudsakliga syftet med studien är att baserat på lokala förutsättningar utreda vad som är den ur klimatsynpunkt lämpligaste användningen av biogas i området Trelleborgs kommun.

De användningsområden som jämförs är värme och drivmedel. Utredningen har gjorts med beaktande av den nuvarande fossilbränsleanvändningen inom värme och drivmedel i kommunen, hur mycket biogas som bör kunna bli tillgänglig (om man p g a brist på biogas i förhållande till dagens fossilbränsleanvändning bör prioritera specifika användningsområden) och hur stor klimatnytta andra icke-fossila alternativ inom värme och drivmedel gör.

Utredningen ger ett klimatoptimalt scenario för biogas i Trelleborg. Ett sidosyfte med studien är att ge en översiktlig genomgång kring de tekniska och ekonomiska möjligheterna att få detta scenario förverkligat.

1.3 Avgränsningar

Utredningen gäller endast klimatpåverkan och inte andra miljöeffekter, såsom t ex försurning och övergödning. Utredningen bedömer inte heller ekonomiskt eller samhällligt optimal användning av biogas, men genomgången av möjligheterna att förverkliga det klimatoptimala scenariot bygger på ekonomiska och samhällliga aspekter.

Användningsområdet värme har delats in i *värme (uppv.)* (värme till hushåll/lokaler) och *processvärme* (värme till industriella processer) medan drivmedel har delats in i *transport* och *övrigt motorarbete* (drift av traktorer, byggfordon m m). Biogas för elproduktion har inte beaktats i denna studie eftersom det redan finns stor tillgång till fossilfri el i Sverige och Trelleborg samt att total fossilfrihet inom elförbrukningen i Trelleborg kan uppnås genom att avtal om el med fossilfritt ursprung tecknas.

1.4. Läsanvisningar

I kapitel 2 ges en bakgrund till genomförandet av denna studie och beskrivningar av hur den kan användas. I kapitel 3 beskrivs studiens metod och i kapitel 4 redovisas resultatgrundande fakta som har tagits fram under studiens gång. I kapitel 5 ges studiens resultat, i kapitel 6 ges studiens slutsats och i kapitel 7 ges den översiktliga genomgången av möjligheterna att förverkliga det klimatoptimala scenariot. I kapitel 8 ges en diskussion av studiens resultat och

rekommendationer av ytterligare arbete inom området. I bilagorna ges mer ingående beskrivningar och detaljer kring studiens metodik och klimatmässiga beräkningar.

2. Bakgrund

2.1 Uttalade mål

Valet av ämne för detta examensarbete grundar sig på politiska mål i Trelleborgs kommun och på riksnivå samt mål inom *Skånes färdplan för biogas* och det biogasfrämjande samarbetet *Biogassys*.

Sveriges regering har uttryckt ett långsiktigt mål om ett Sverige utan nettoutsläpp av växthusgaser år 2050 (Naturvårdsverket, 2014). För att förverkliga detta mål behöver användningen av fossila bränslen fasas ut i hela Sverige (däribland Trelleborgs kommun) eftersom denna användning alltid bidrar till ett nettotillskott av växthusgaser.

Trelleborgs kommun är med i uppropet ”100 % Fossilbränslefritt Skåne 2020” vilket innebär att kommunen har målet att vara fossilbränslefri inom den egna organisationen år 2020.

”Målet med uppropet är att senast 2020 uppnå följande:

- Ingen fossil energianvändning i byggnader. Detta innebär att kommunen inte använder fossil energi för värme och kyla i byggnader som kommunen äger eller hyr.
- Inget fossilt bränsle i transporter. Detta gäller egna transporter, resor och köpta transporttjänster.
- Ingen användning av fossil el. Detta innebär att kommunen inte använder fossil el i den egna verksamheten och köper miljömärkt el av någon sort” (Åstrand, 2013).

Målet om fossilbränslefrihet bör åtminstone på sikt även gälla hela kommunen som geografiskt område med tanke på målet om ett Sverige utan nettoutsläpp 2050.

Det finns även specifika målsättningar för biogas. *Skånes färdplan för biogas* innefattar målet om 3 TWh produktion i Skåne årligen (Region Skåne, 2010). Detta kan jämföras med dagens produktion i Skåne som är på ca 0,3 TWh (Energimyndigheten, 2013). Produktionsmålet motsvarar hela den totala biogaspotentialen från restprodukter på 3 TWh per år som finns i Skåne (Björnsson et al, 2011). Trelleborgs kommun vill aktivt delta i det skånska arbetet med utveckling av biogasen i regionen och även bidra till att uppnå de regionala målen för biogas (Ljung och Gradin, 2013).

Sammantaget innebär detta att det finns ett mål i Trelleborg att göra kommunen som område fossilbränslefri på sikt och att biogas ska vara en del i detta arbete. Vid arbete för ökad biogasanvändning bör det beaktas i vilket eller vilka användningsområde som biogas är mest lämpligt klimatmässigt.

Biogassys är ett samarbetsprojekt mellan Trelleborgs kommun, Biobränslebolaget, WSP, Lunds Universitet, Eon, Malmö stad och Biogas Syd. Ett delmål för projektet är att vara ”en guide för hållbar produktion och användning av biogas” (Biogassys, 2013). Detta examensarbete är en del i detta projekt.

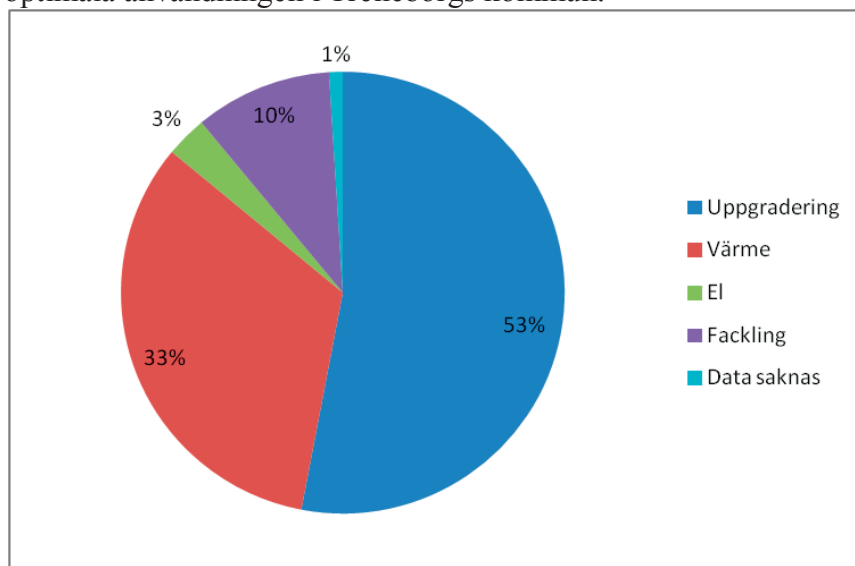
2.2 Användning av studien

Denna studie är tänkt att bidra till möjligheterna att göra området Trelleborgs kommun fossilbränsleffritt på ett klimatstrategiskt effektivt sätt genom att kunna optimera användningen av biogas.

Studiens resultat kan användas som ett underlag för planering och beslut i kommunen. Detta kan gälla t ex kommunens egen energianvändning (Trelleborgs kommun, Trelleborgshem, Trelleborgs hamn) eller vid lokala eller regionala projekt för ökad produktion och användning av biogas.

2.3 Biogasanvändning idag

Det finns skillnader i hur man idag använder biogas i Sverige och internationellt. Den totala biogasanvändningen i Sverige var år 2012 på ca 1,6 TWh (Energimyndigheten, 2013) vilket kan jämföras med Sveriges totala slutanvändning av energi som år 2011 var på 379 TWh (Energimyndigheten, 2013b). För biogas finns det idag en inriktning mot drivmedel i Sverige. 53 % av den producerade biogasen i Sverige uppgraderades år 2012 (se figur 1) och huvuddelen av den uppgraderade gasen användes som drivmedel (Energimyndigheten, 2013). Mängden uppgraderad biogas (ca 0,85 TWh) kan jämföras med Sveriges totala energianvändning inom vägtransporter som var på 85 TWh år 2011 (Energimyndigheten, 2013b). Internationellt är värme- och elproduktion helt dominerande för biogas, och användningen som drivmedel är mycket liten (Energimyndigheten, 2010). Det är alltså inte självklart hur man ska använda biogas, och i den här studien utreds den *klimatmässigt* optimala användningen i Trelleborgs kommun.



Figur 1 Användning av biogas i Sverige 2012 (Energimyndigheten, 2013).

3. Metod

3.1 Sammanställning av fossil bränsleanvändning i Trelleborgs kommun

Ett antal uppgifter kring den nuvarande fossila bränsleanvändningen i Trelleborg har behövts för att kunna genomföra studien. Uppgifterna har hämtats från SCB:s kommunala energistatistik med tillhörande bakgrundsrapporter och leveransuppgifter från gasleverantören Eon. Den *totala användningen* av fossila bränslen inom transport och värme har summerats för att kunna jämföra dessa mängder med den mängd biogas som bör kunna bli tillgänglig.

Klimatnyttan med ett icke-fossilt alternativ beror på vad detta ersätter. Därför har även *fördelningen* mellan fossila bränslen inom transport, värme (uppv.) och processvärme sammanställts. Det bränsle som huvudsakligen används idag har valts som *referensbränsle* för

respektive användningsområde och i klimatberäkningarna antas att det är detta *referensbränsle* som kommer ersättas.

3.2 Litteraturstudie kring biogaspotentialen i Trelleborgs kommun

I denna studie antas att biogas för användning i Trelleborg kommer vara producerad lokalt i kommunen (mer kring detta antagande i kap 3.3.4). Biogaspotentialen i Trelleborgs kommun är därför viktig både för att se hur mycket av de fossila bränslena inom värme och drivmedel som kan ersättas av biogas samt vilka restprodukter som biogasen skulle kunna produceras av. Biogaspotentialen utreddes 2011 av Länsstyrelsen i Skåne i samarbete med Biogas Syd, och alla uppgifter kring potentialen är hämtade från denna utredning (Björnsson et al, 2011).

3.3 Klimatmässig undersökning av olika icke-fossila alternativ

För att bedöma vad biogas ur klimatsynpunkt bör användas till måste man ta hänsyn till hur stor klimatnytta *andra* icke-fossila alternativ inom de aktuella användningsområdena ger. Om de klimatmässigt bästa alternativen inom ett användningsområde är annat än biogas, bör man ur klimatsynpunkt inte prioritera biogas inom detta användningsområde. I denna studie bedöms och jämförs därför de olika icke-fossila alternativ inom värme och drivmedel som är tekniskt möjliga och som utifrån olika litteratur ansetts mest aktuella (se tabell 1). Urvalet av icke-fossila alternativ har främst gjorts utifrån de bränslen som är klimatmässigt utredda i Miljöfaktaboken 2011 (Gode et al, 2011) och de alternativ som är omnämnda på hemsidan för Svenska bioenergiföreningen (Svebio, 2014) samt miljöbilportalen miljöfordon.se (Miljöfordon, 2014).

Tabell 1 Undersökta icke-fossila alternativ för de olika användningsområden värme (uppv.), processvärme, transport och övrigt motorarbete.

Värme (uppv.)	Processvärme	Transport	Övrigt motorarbete
Biogas	Biogas	Biogas	Biogas
Värmepump	Värmepump	Etanol	Etanol
Direktverkande el	Direktverkande el	RME (rapsmetylester) ¹	RME ¹
Elpanna	Pellets	El	
Fjärrvärme	Flis		
Pellets			
Halm			

3.3.1 Livscykelanalyser

För att bedöma icke-fossila alternativ inom värme och drivmedel behöver man beakta *alla* klimatpåverkande utsläpp som är en följd av respektive system, vilket görs med så kallad *Livscykelanalys, LCA*. För att få fram klimatnyttan för de olika icke-fossila alternativen har en litteratursökning efter befintliga livscykelanalyser gjorts.

3.3.2 Basfall och känslighetsanalyser

Klimatpåverkan (och därmed även klimatnyttan) för de icke-fossila alternativen beror på t ex råvaru- eller bränsletillförsel, val av processenergi och verkningsgrader i slutanvändningen. Eftersom det inte går att göra säkra antaganden om produktions- och användningssystemen

¹ RME är den typ av biodiesel som används mest i Sverige (Svebio, 2014b) och denna studie innefattar inga andra typer av biodiesel.

har utsläppsdata i allmänhet valts dels för ett basfall (gällande de antaganden som utifrån statistik och litteraturstudier bedömts som troligast), dels för olika känslighetsanalyser, där kritiska faktorer har varierats. Studiens analys bygger både på resultat från basfallen och från känslighetsanalyserna.

Resultat gällande samtliga basfall presenteras i ”huvudresultaten”, kap 5.1 och 5.2. För vissa alternativ inkluderas redan i huvudresultaten *olika* produktions- eller användningssystem (d v s känslighetsanalyser) för samma icke-fossila alternativ och i dessa fall definieras inte något av systemen som basfall, även om det förs vissa resonemang om vilket av systemen som är troligast (i kap 5.1-5.3). För de undersökta systemen i huvudresultaten har utsläppsdata valts för den (approximativa) råvaru-, bränsle- eller kraftslagsmix samt markreferens som utifrån statistik och potentialstudier bedömts som troligast för respektive system om användningen sker i Trelleborg (se kap 3.3.4, Förutsättningar och antaganden för beräkningarna till huvudresultaten). Etanol är dock ett undantag från detta, där en förenkling av den troliga råvarumixen har gjorts (se kap 4.6.3). För övriga system i huvudresultaten motsvarar dock använd data helt det som (med viss approximation) bedömts som troligast råvaru-, bränsle eller kraftslagsmix för systemet.

Nedan i detta delkapitel beskrivs de känslighetsanalyser som presenteras i huvudresultaten (kap 5.1-5.2). De flesta känslighetsanalyserna beskrivs och presenteras dock i kapitel 5.3, Utökade känslighetsanalyser.

För biogas presenteras resultat gällande fyra olika råvarusystem (se tabell 2) i huvudresultaten, eftersom att biogasen i Sverige både produceras från restprodukter och (bl a storskaligt i projektet Jordberga Biogas, i Trelleborgs kommun) från odlade grödor och att det därmed finns klara osäkerheter kring hur råvarutillförseln kommer att vara vid en ökad användning av biogas i Trelleborg.

Tabell 2 Undersökta råvarusystem för biogas i huvudresultaten.

<i>Biogas till 100 % från restprodukter</i>
<i>Biogas till 80 % från restprodukter och 20 % från grödor</i>
<i>Biogas till 50 % från restprodukter och 50 % från grödor</i>
<i>Biogas till 100 % från grödor</i>

Idag finns inga elhybridfordon för förnybara drivmedel på den *svenska* marknaden (Miljöfordon, 2014b), men det bör inte finnas några tekniska hinder att använda biogas, etanol och RME som bränsle i elhybridfordon. Förnybara drivmedel till elhybridfordon betraktas därför i denna studie som realistiska alternativ inför kommande år och utifrån detta har biogas, etanol och RME undersökts för användning både i ”vanliga förbränningsfordon” och i elhybridfordon. Eftersom fordonstyperna är klart olika (vad gäller t ex verkningsgraden, se kap 4.6.3) presenteras resultat för båda fordonstyperna i huvudresultaten (se tabell 3). Utredningen gäller den typ av elhybridfordon där batteriet laddas endast under körning, så att eldrift kan varvas med körning via förbränning (ej laddhybridbilar).

Tabell 3 Undersökta alternativ för transport (utöver rena elbilar) i huvudresultaten. Biogas är, för båda fordonstyperna, undersökt för alla fyra råvarufördelningarna (se tabell 2).

Biogas till vanligt förbränningsfordon
Biogas till elhybridfordon
Etanol till vanligt förbränningsfordon
Etanol till elhybridfordon
RME till vanligt förbränningsfordon
RME till elhybridfordon

Transportalternativ med eldrift har i denna studie tilldelats ett utsläppstillägg på g a att utsläppen från fordonstillverkningen är högre för dessa än för övriga alternativ, till allra största delen beroende på batteritillverkningen (Strömman et al, 2012) (utförlig beskrivning kring detta i kap 4.5). Utsläppstillägget för de rena elbilarna varierar betydligt beroende på om europeisk elmix eller vattenkraftsel antas i batteritillverkningen (se kap 4.5). För att tydligt belysa dessa skillnader inkluderas i huvudresultaten ett system där europeisk elmix antas i fordonstillverkningen och ett system där antagen el för batteritillverkningen ändrats till vattenkraftsel (se tabell 4).

Tabell 4 Undersökta system för el till transport i huvudresultaten.

El (europeisk elmix i biltillverkningen)
El (vattenkraftsel i batteritillverkningen)

3.3.3 Tekniska system m m

För att tillgodogöra sig värme eller transportarbete sker utsläpp till följd av produktion av tekniska system för distribution och användning av energislaget. Exempel på detta är värmepannor, tanknings- och laddningsstationer, utbyggt gas- och fjärrvärmenät samt fordon. Bedömningar har gjorts utifrån egna och andra studiers överslagsberäkningar kring hur stora dessa utsläpp är i förhållande till övriga utsläpp och om valet av icke-fossilt alternativ gör någon skillnad för dessa utsläpp. Utifrån dessa aspekter har beslut tagits om ifall man behöver inkludera dem i beräkningarna för att göra en korrekt jämförelse av alternativen. En sammanfattning av bedömningarna ges i kap 4.4, Bedömningar kring tekniska system m m, och mer detaljer kring överslagsberäkningarna och bedömningarna finns i bilaga I, Bedömningar kring tekniska system m m (fördjupning).

3.3.4 Förutsättningar och antaganden för beräkningarna till huvudresultaten

Inom livscykelanalys behövs ibland allokering av utsläpp mellan flera olika produkter som bildas under produktionen av den undersökta varan. För att få fram så jämförbara resultat som möjligt i denna studie har utsläppsstudier och utsläppsdata gällande *systemutvidgning* som allokeringss metod valts så långt detta varit möjligt. Inga känslighetsanalyser kring olika allokeringss metoder har gjorts, eftersom detta har bedömts göra resultaten för omfattande och oöverblickbara. Valet att prioritera data gällande systemutvidgning motiveras av att detta är den rekommenderade metoden och den som bedöms ge mest korrekta resultat enligt ISO-standarden för livscykelanalys (Börjesson, 2008).

För bränslen från odlade grödor är valet av *markreferens*, d v s vilken typ av mark odlingen av grödor sker på, av betydelse för utsläppsresultaten. De biogena växthusgasutsläpp som sker från marken vid odling är olika beroende på om odlingen sker på redan befintlig odlingsmark

eller på t ex ogödslad gräsmark. Denna studie räknar med att energigrödor odlas på befintlig odlingsmark. Därför inkluderar de valda utsläppsresultaten endast biogena lustgasutsläpp och inte utsläpp av koldioxid från eventuella markkolsförändringar, vilket kan ske när gräsmark börjar användas för odling av grödor (Börjesson, 2008). Antagandet om denna markreferens har gjorts eftersom det finns mycket befintlig odlingsmark i Sverige och Europa som inte används och att biprodukter från bränsleproduktionen dessutom delvis kan ersätta andra odlade produkter och därmed minska behovet av jordbruksmark (Börjesson et al, 2010; ePURE, 2014).

Biogas behöver inte nödvändigtvis vara lokalt producerad när den handlas av kunder i Trelleborg, bl a eftersom att den kan distribueras via naturgasnätet och injiceras var som helst i anslutning till detta. Det går inte att förutspå säkert var biogasen som handlas i Trelleborg generellt kommer att produceras och av vilka råvaror. Utifrån att biogas oftast dock produceras och används lokalt (Energimyndigheten, 2010) samt att Trelleborgs kommun uttryckt målet att vara självförsörjande på lokalt producerad biogas (Trelleborgs kommun, 2013) antas i huvudresultaten att biogasen kommer vara producerad i kommunen. De restprodukter som antas för biogasproduktion är därför baserade på Trelleborgs kommuns biogaspotential (information om denna potential är hämtat ur Björnsson et al (2011)).

De grödor som antas för biogasproduktion är samma som de huvudråvaror som varit planerade för Jordberga Biogas enligt Biogas Syd (2014).

Huvudresultaten gäller endast *uppgraderad* biogas, som innebär att biogasen har renats till en hög metanhalt, vilket gör den energimässigt likvärdig med naturgas och möjlig att distribuera via naturgasnätet. Biogas behöver dock inte uppgraderas om den ska användas för värme lokalt eller distribueras via nät endast avsett för biogas och därför ingår utsläppsresultat för biogas utan uppgradering till värme i olika känslighetsanalyser (i kap 5.3.2).

Till skillnad från för biogas finns inte något lokalt försörjningsmål för flytande biodrivmedel i Trelleborg, t ex etanol. Etanol produceras och används generellt heller inte lokalt i Sverige såsom biogas (Energimyndigheten, 2013c) och därför bör den etanol som används i Trelleborg vara producerad från samma råvaror som etanol i Sverige generellt (se bilaga G, G.2 Etanol för mer beskrivningar). Samma gäller även för RME (rapsmetylester), d v s denna behöver inte heller vara lokalproducerad. För etanol har det (som nämnts tidigare i detta metodavsnitt) gjorts en förenkling av den troliga råvarumixen till huvudresultaten (se kap 4.6.3). Trots att den etanol och RME som används i Sverige generellt inte produceras i Sverige (Energimyndigheten, 2013c) gäller använt utsläppsdata svensk etanol och RME. Anledningen är att detta har möjliggjort en homogen beräkningsmetodik (systemutvidgning som allokeringemetod m m) för använd utsläppsdata för biodrivmedlen, vilket i denna studie har prioriterats högre än ursprungslandet för drivmedlet. Att välja lämpligt utsläppsdata utefter ursprungsländerna hade varit mycket komplicerat (speciellt om en homogen beräkningsmetodik eftersträvas) eftersom etanolen och RME:n i Sverige kommer från minst 7 olika länder (år 2012, däribland Sverige) (Energimyndigheten, 2013c).

För alla undersökta alternativ inom elenergi gäller att elförbrukningen sker med avtal om fossilfritt ursprung, eftersom alternativet annars inte kan anses vara icke-fossilt. Valt utsläppsdata baseras på hur den förbrukade elen i Sverige approximativt fördelar sig mellan de icke-fossila kraftslagen. Ett fossilfritt elavtal antas alltså innebära att den inhandlade elen är genomsnittlig fossilfri el handlad i Sverige. Eftersom kärnkraft är ett fossilfritt kraftslag (dock inte förnybart) inkluderas kärnkraft i dessa beräkningar.

För fjärrvärmens har utsläppsdata valts med antagandet att en utökad fjärrvärme i Trelleborg kommer produceras med samma bränslemix (approximerad) som i dagens produktion (biogas antas inte i fjärrvärmeproduktion, se kap 4.6.2).

Varken skogsflis eller pellets för värme behöver vara lokalt producerad men skogsflisens utsläppsdata baseras på vilken typ av skog som finns i Skåne. För skogsflis och pellets har olika utsläppsdata beroende på skala kunnat användas. Både processvärmens från skogsflis och fjärrvärmeproduktionen från skogsflis antas vara storskalig. Pellets för värme (uppv.) antas vara småskalig produktion medan processvärme- och fjärrvärmeproduktionen antas vara storskalig. Halm för värme (uppv.) antas endast användas lokalt där den uppstår (transport innefattas ej). Använt utsläppsdata för halm gäller för endast en produktions skala.

För vissa alternativ har egen omvandling av utsläppsresultaten krävts, från den generella enheten *utsläpp per mängd producerat energilag* till den generella enheten *utsläpp per mängd nyttiggjord energi*. I dessa fall har olika källor för verkningsgrader använts såsom Gode et al (2011) och Eon (2014b) (mer kring dessa beräkningar är beskrivet i kap 4.6, Beräkningsdata). Verkningsgraderna för fordon gäller för personbilar och lastbilar genomsnittligt och förklaringar kring de antagna verkningsgraderna finns i bilaga H, Verkningsgrader i fordon. För elenergisystemen är nätförluster inräknade vilket innebär att de använda verkningsgraderna är totalverkningsgrader. För värmepumpar har, något förenklat, samma verkningsgrad antagits både för värme (uppv.) och processvärme och antagen verkningsgrad gäller den generella värmefaktor för värmepumpar som är angiven i Eon (2014b).

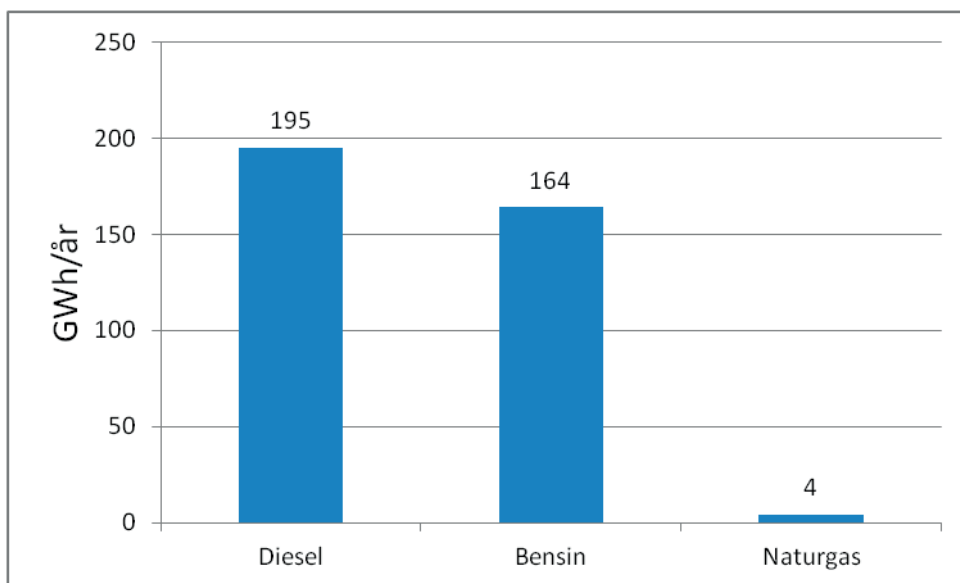
I kap 4.6 anges vald data för beräkningarna till huvudresultaten för alla icke-fossila alternativ och för de fossila bränslen som används idag inom transport, värme (uppv.) och processvärme.

4. Resultatgrundande fakta

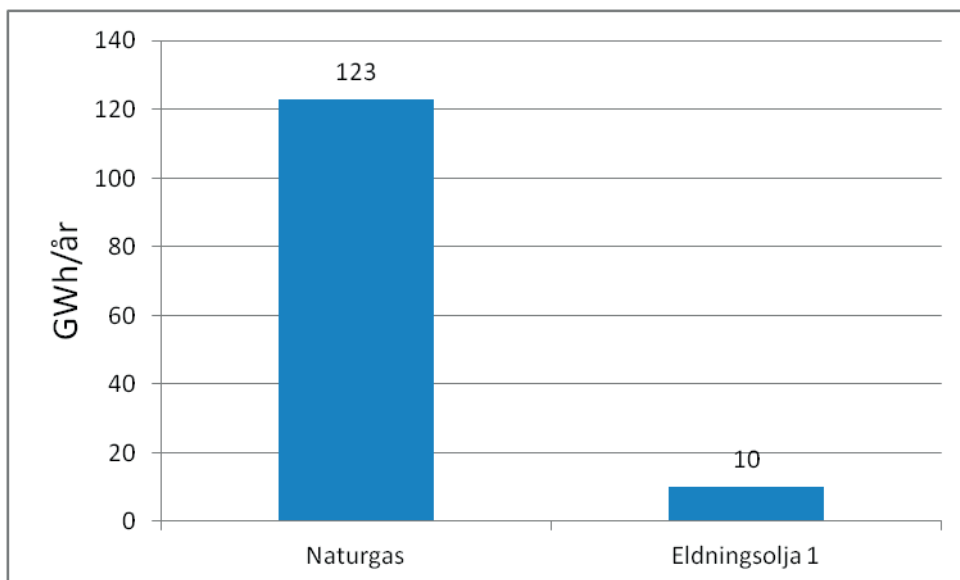
4.1 Fossil bränsleanvändning i Trelleborgs kommun

Den totala slutanvändningen av energi i området Trelleborgs kommun var år 2011 på ca 1100 GWh (SCB, 2013; Eon, 2014). Slut användningen av fossila bränslen var på ca 590 GWh, och utöver detta kan en viss användning av fossila bränslen ha förekommit som insatsbränslen till den el (ca 422 GWh) som förbrukades. Inom transport, värme (uppv.) och processvärme var användningen av fossila bränslen på ca 550 GWh (SCB, 2013; Eon, 2014) (se figur 2, 3 och 4). I figurerna syns att diesel och bensin utgör merparten inom transport medan naturgas utgör merparten inom både värme (uppv.) och processvärme (Energimyndigheten, 2013d; Eon, 2014). Mängden fossilt drivmedel inom övrigt motorarbete är svårare att fastställa utifrån SCB:s statistik, men den är inte högre än ca 40 GWh (SCB, 2013) och utgörs av endast diesel (resonemang kring detta i Bilaga A). För att göra kommunen fossilbränslefri på sikt behöver alltså framförallt diesel och bensin ersättas inom drivmedel och naturgas ersättas inom värme. Diesel/bensin är därmed *referensbränsle* inom drivmedel och naturgas är *referensbränsle* inom värme i denna studie.

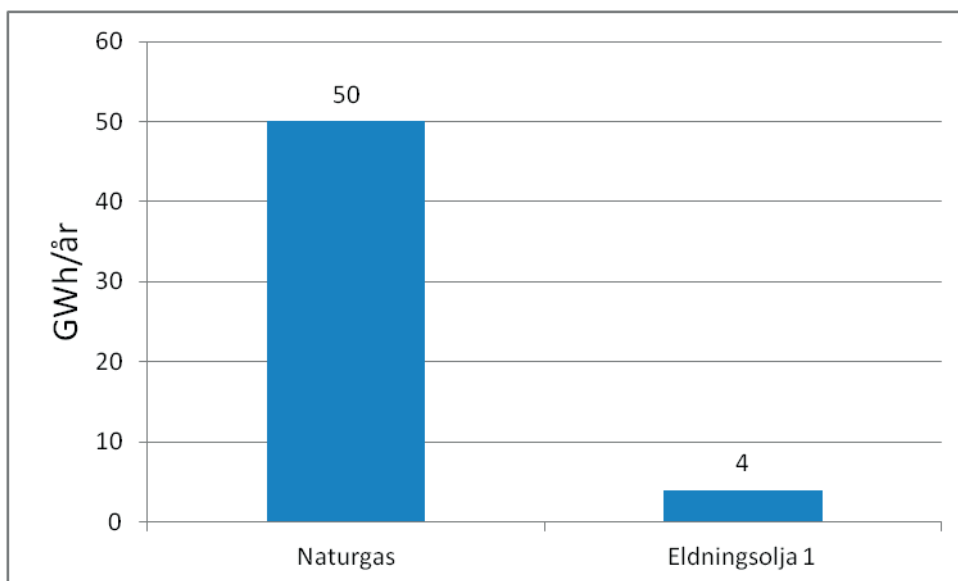
Bilaga A, Statistik över den fossila bränsleanvändningen i området Trelleborgs kommun, ger en mer detaljerad överblick av fossilbränsleanvändningen i Trelleborgs kommun och en fördjupad bakgrund till uppgifterna i detta avsnitt.



Figur 2 Fossil drivmedelsanvändning inom transport i Trelleborg 2011 (exklusive inblandning av förnybart drivmedel) (SCB, 2013; Energimyndigheten, 2013d; Eon, 2014). Naturgasen säljs som inblandning i fordonsgas (Eon, 2014).



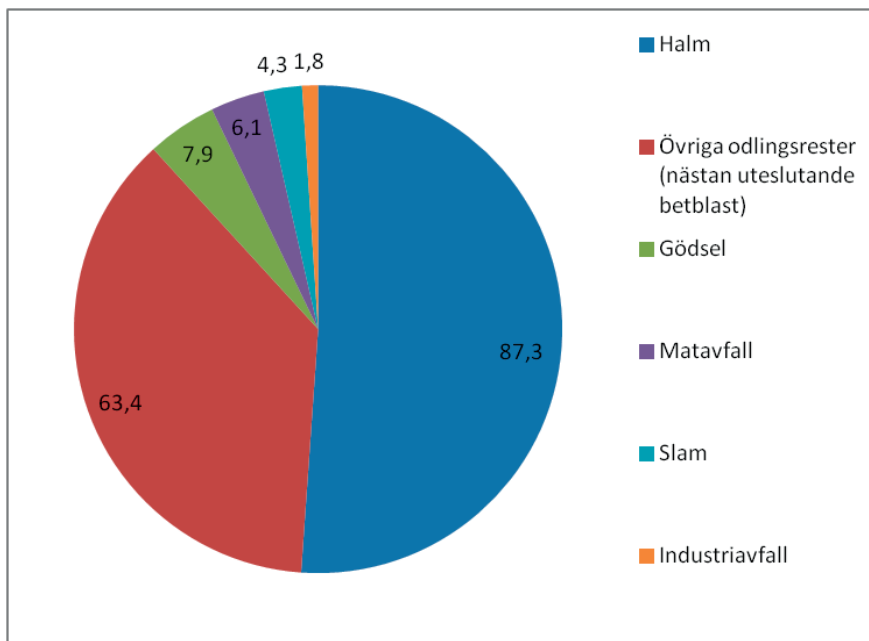
Figur 3 Fossil bränsleanvändning för värme (uppv.) i Trelleborg 2011 (Eon, 2014, SCB, 2013).



Figur 4 Fossil bränsleanvändning för processvärme i Trelleborg 2011 (Eon, 2014, SCB, 2013).

4.2 Biogaspotential i Trelleborgs kommun

Trelleborgs kommun har en uppskattad total biogaspotential på ca 171 GWh biogas per år från restprodukter (Björnsson et al, 2011), av vilken halm utgör drygt hälften (se figur 5 nedan). Börjesson och Lantz, 2010 samt Energimyndigheten, 2010 beskriver att det kan finnas särskilda ekonomiska svårigheter i att producera biogas från halm samt att direkt förbränning ofta är ett lämpligare användningsområde för denna restprodukt. Det finns redan idag en viss användning av halm för värme i Trelleborg genom att en mindre del av fjärrvärmeproduktionen baseras på halmförbränning (Trelleborgs fjärrvärme, 2014). Utifrån dessa aspekter antas i denna studie att biogas i Trelleborg inte kommer att produceras från halm trots den höga potentialen. Istället antas att betblast och gödsel är de råvaror som kommer användas mest för biogasproduktion, eftersom potentialen från dessa är störst efter halmen (se figur 5) (Björnsson et al, 2011). Den klimatpåverkan (och klimatnytta) för biogas från restprodukter som redovisas i huvudresultaten är därför baserad på produktion från dessa två råvaror (se kap 5.1 och 5.2).



Figur 5 Biogaspotential från restprodukter i Trelleborgs kommun fördelat på de olika restprodukterna (GWh/år) (Björnsson et al, 2011).

Biogaspotentialen från alger vid Trelleborgs stränder är inte beaktad i Björnsson et al (2011). En småskalig pilotanläggning för biogasproduktion av alger är i drift i Trelleborg, men eftersom potentialen från algerna inte är tydligt fastställd ingår inte detta möjliga biogassystem i studien.

En biogaspotential på ca 84 GWh, d v s då halm har exkluderats (se figur 5), benämns i denna studie som biogaspotentialen från *tillgängliga* restprodukter. För biogas från grödor är potentialen betydligt högre och beror framförallt på tillgången av åkermark. Utsläppsdata för biogas från grödor gäller sockerbetor och majs, vilket har varit aktuella huvudråvaror under planeringen av Jordberga Biogas (Biogas Syd, 2014).

4.3 Fossila bränsleanvändningen i förhållande till biogaspotentialen

Eftersom den fossila drivmedelsanvändningen inom transport är på ca 363 GWh och den fossila bränsleanvändningen för värme är på ca 188 GWh (2011) är möjligheterna begränsade för biogas (producerad i kommunen) att ersätta all fossil energi inom båda dessa användningsområden. Detta skulle endast vara möjligt om en mycket stor satsning på biogas från grödor sker. Det finns därmed ett underskott av potentiell biogasproduktion i förhållande till drivmedels- och värmebehovet. Ur klimatsynpunkt bör det därför vara lämpligt att satsa på användning av biogas endast inom det klimatmässigt bästa användningsområdet så länge det finns fossil energi kvar att ersätta inom detta användningsområde.

4.4 Bedömningar kring tekniska system m m

Tillverkningen av värmepannor/värmeproduktionsanläggningar har med utgångspunkt från Berglund och Börjesson (2003) bedömts ge så pass lite klimatpåverkande utsläpp sett över hela livslängden att de inte behöver inkluderas i livscykelutsläppen för värmeproduktion. Den utrustning som behövs har också antagits vara så likartad för alla icke-fossila alternativ inom värme att de utsläpp som sker p g a denna tillverkning inte behöver inkluderas för en korrekt jämförelse.

Utsläpp p g a bygge/tillverkning av nya tanknings- och laddningsstationer har inte heller inkluderats, eftersom livslängden på anläggningarna även i dessa fall antas göra utsläppen marginella.

Eventuell utbyggnad av gasnät bedöms medföra marginella utsläpp i förhållande till den producerade biogasen. Detta är eftersom att *energiinsatsen* vid nätbygget (gasnät av plast) är beräknad till ca 1 % av energiinnehållet i den gas som ska distribueras sett ur ett 20-års-perspektiv enligt Börjesson och Lantz (2010). Utbyggnaden av fjärrvärmenät antas utifrån dessa uppgifter också ge marginella utsläpp eftersom moderna fjärrvärmenät oftast också är tillverkade av plast samt att livslängden för fjärrvärmenät kan vara så hög som 100 år (Frederiksen och Werner, 2013; Svensk fjärrvärme, 2014).

Även utsläpp vid eventuell transport av biodrivmedel med lastbil har bedömts vara begränsade (utifrån en egen överslagsberäkning) och har därför inte inkluderats. Även en transport med diesel på ca 60 mil av ett klimatmässigt bra flytande biodrivmedel beräknas medföra maximalt 4 % av livscykelutsläppen för biodrivmedelsproduktionen. Överslagsberäkningen presenteras i bilaga I, Avgränsningar för utsläppsberäkningar.

När det gäller fordonstillverkning har en egen överslagsberäkning visat att tillverkningen utgör ca 11-12 % av de totala utsläppen för transportarbetet när fordonet körs på bensin. Överslagsberäkningen presenteras i bilaga I. Eftersom bl a biodrivmedel ofta påvisar klart lägre livscykelutsläpp än bensin bör fordonstillverkningen utgöra en större andel av utsläppen för icke-fossila alternativ. Tidigare studier har också visat att fordon med eldrift har högre tillverkningsutsläpp än övriga alternativ (Strömman et al, 2012), vilket beaktas i denna studie. Utifrån dessa aspekter har hänsyn tagits till fordonstillverkningen i beräkningarna och på vilket sätt detta är gjort beskrivs i nedanstående kapitel, 4.5.

4.5 Utsläpp p g a fordonstillverkning

Transportalternativen med eldrift (rena elfordon och elhybridfordon) har i denna studie tilldelats utsläpp både kopplat till drivmedelsproduktionen och till fordonstillverkningen. Detta beror på att livscykelanalyser för elfordon och fordon med vanlig förbränningsmotor visar att elfordon har mer klimatpåverkande utsläpp p g a fordonstillverkningen (Strömman et al, 2012). Den högre klimatpåverkan för elfordonen beror till ca 80 % på tillverkningen av batteriet (vid antagande om europeisk elmix i tillverkningen, vilket i studiens resultatredovisningar benämns ”Bilprod: europeisk elmix”) (Strömman et al, 2012).

Fordon med vanlig förbränningsmotor benämns i denna rapport som ”vanliga förbränningsfordon”. Tillverkningen av vanliga förbränningsfordon har relativt lika utsläpp oavsett om de är för gas- eller flytande bränsleförbränning (Ou et al, 2013). Skillnaden i tillverkningsutsläpp mellan elfordon och vanliga förbränningsbilar (enligt Strömman et al (2012)) har i denna studie dividerats med den mängd transportarbete som fordonen genomsnittligt beräknas utföra över bilarnas livslängd (antaget till 25000 mil i genomsnitt, utifrån Auto, motor und sport (2013)) och lagts till respektive utsläppsresultat.

Antar man vattenkraftsel i batteritillverkningen blir utsläppet från batteritillverkningen ca 60 % lägre jämfört med när europeisk elmix antas (Strömman et al, 2013). Eftersom batteriet står för ca 80 % av skillnaden i utsläpp från fordonstillverkningen gällande europeisk elmix antas att hela skillnaden i tillverkningsutsläpp blir 60 % lägre när elförsörjningen för

batteritillverkningen ändras till vattenkraftsel (vilket benämns ”Batteriprod: vattenkraftsel” i resultatredovisningarna).

Elhybridfordonen har ett mindre batteri, med mindre tillverkningsutsläpp, än rena elfordon, vilket gör skillnaden i tillverkningsutsläpp mindre mellan elhybridfordonen och de vanliga förbränningsfordonen. Elhybridalternativens utsläppstillägg för fordonstillverkningen baseras på en studie av Hill (2013) och motsvarar knappt 10 % av de rena elfordonens utsläppstillägg (gällande europeisk elmix) (mer info i bilaga G, G.5, Användning av icke-fossila drivmedel i elhybridbil).

4.6 Beräkningsdata

Tabell 5, 6 och 7 beskriver data som har använts till huvudresultaten för de fossila bränslena och för de icke-fossila alternativen inom varje användningsområde. I kolumnen för antagen råvaru-, bränsle- eller kraftslagsmix visas hur mycket av alternativets utsläppsresultat som baseras på respektive råvara, bränsle eller kraftslag. Livscykelanalyserna som aktuell utsläppsdata är hämtad ur är också angivet i tabellerna. I de fall där enheten g CO₂-ekv/MJ drivmedel, el eller bränsle använts i livscykelanalysen har dessa resultat multiplicerats med verkningsgraden i högerkolumnen, vilket har gett resultat i den slutliga enheten g CO₂-ekv/MJ värme eller MJ transportarbete. I anslutning till tabellerna finns fotnoter med ytterligare information samt hänvisningar till bilagor som på ett fördjupat sätt beskriver metodiken och förklarar antaganden i beräkningarna.

4.6.1 Processvärme

Tabell 5 nedan visar använt utsläppsdata för huvudresultaten inom processvärme.

Tabell 5 Beräkningsdata för processvärme till huvudresultaten.

Fossilt bränsle	Antagen råvaru-, bränsle- eller kraftslagsmix	Källa	Värde	Enhet	Antagen verkningsgrad
Naturgas	-	Gode et al, 2011	68	g CO ₂ -ekv/ MJ bränsle	90 % (gaspanna) ²
Eldningsolja 1	-	Gode et al, 2011	81	g CO ₂ -ekv/ MJ bränsle	89 % (oljepanna) ²
Icke-fossilt alternativ					
Biogas från restprodukter	90 % betblast, 10 % gödsel ³	Börjesson och Berglund, 2003 (för betblast) och Börjesson et al, 2010 (för gödsel) ⁴	5,4 (betblast), -40,4 (gödsel) ⁵	g CO ₂ -ekv/ MJ bränsle	90 %

² Enligt Gode et al, 2011.

³ Se bilaga C, Biogas från restprodukter.

⁴ Se bilaga B, Indata från livscykelanalyser och databaser.

⁵ 0,9 g CO₂-ekv/MJ drivmedel är också tillagt p g a gasläckage under slutanvändning. Se bilaga F, F.1.

Biogas från grödor	62 % majs, 38 % sockerbetor ⁶	Börjesson et al, 2010 ⁷	18,5 (majs), 16,9 (betor) ⁸	g CO ₂ -ekv/MJ bränsle	90 %
Värme-pump	50,5 % kärnkraft, 37,5 % vattenkraft, 7,2 % biomassakraft, 4,8 % vindkraft ⁹	Vattenfall, 2012 ⁷	1,4 (kärnkraft), 2,5 (vattenkraft), 4,2 (biomassakraft), 4,2 (vindkraft)	g CO ₂ -ekv/MJ el	300 % ¹⁰
Direkt-verkande el	50,5 % kärnkraft, 37,5 % vattenkraft, 7,2 % biomassakraft, 4,8 % vindkraft ⁹	Vattenfall, 2012 ⁷	1,4 (kärnkraft), 2,5 (vattenkraft), 4,2 (biomassakraft), 4,2 (vindkraft)	g CO ₂ -ekv/MJ el	87,4 % ¹⁰
Pellets	100 % pellets	Bauer, 2007 ⁷	10,1	g CO ₂ -ekv/MJ värme	85 % (Bauer, 2007) ¹¹
Skogsflis	100 % skogsflis	Bauer, 2007 ⁷	4,3	g CO ₂ -ekv/MJ värme	70 % (Bauer, 2007) ¹¹

4.6.2 Värme (uppv.)

Tabell 6 nedan visar använt utsläppsdata för huvudresultaten inom värme (uppv.).

Tabell 6 Beräkningsdata för värme (uppv.) till huvudresultaten.

Fossilt bränsle	Antagen råvaru-, bränsle- eller kraftslagsmix	Källa	Värde	Enhet	Antagen verkningsgrad
Naturgas	-	Gode et al, 2011	68	g CO ₂ -ekv/MJ bränsle	90 % (gaspanna) ¹²

⁶ Se bilaga D, Biogas från grödor.

⁷ Se bilaga B, Indata från livscykelanalyser och databaser.

⁸ 0,9 g CO₂-ekv/MJ drivmedel är också tillagt p g a gasläckage under slutanvändning. Se bilaga F, F.1.

⁹ Se bilaga E, El.

¹⁰ Se bilaga F, F.2, Elvärme.

¹¹ Uppgiften gäller s k ”årlig utnyttjandegrad” (lägre än verkningsgraden) vilket Bauer, 2007 använder istället för verkningsgrad.

¹² Enligt Gode et al, 2011

Eldningsolja 1	-	Gode et al, 2011	81	g CO ₂ -ekv/MJ bränsle	89 % (oljepanna) ¹³
Icke-fossilt alternativ					
Biogas från restprodukter	90 % betblast, 10 % gödsel ¹⁴	Börjesson och Berglund, 2003 (för betblast) och Börjesson et al, 2010 (för gödsel) ¹⁵	5,4 (betblast), -40,4 (gödsel) ¹⁶	g CO ₂ -ekv/MJ bränsle	90 %
Biogas från grödor	62 % majs, 38 % sockerbetor ¹⁷	Börjesson et al, 2010 ¹⁵	18,5 (majs), 16,9 (betor) ¹⁶	g CO ₂ -ekv/MJ bränsle	90 %
Värme-pump	50,5 % kärnkraft, 37,5 % vattenkraft, 7,2 % biomassakraft, 4,8 % vindkraft ¹⁸	Vattenfall, 2012 ¹⁵	1,4 (kärnkraft), 2,5 (vattenkraft), 4,2 (biomassakraft), 4,2 (vindkraft)	g CO ₂ -ekv/MJ el	300 % ¹⁹
Direkt-verkande el	50,5 % kärnkraft, 37,5 % vattenkraft, 7,2 % biomassakraft, 4,8 % vindkraft ¹⁸	Vattenfall, 2012 ¹⁵	1,4 (kärnkraft), 2,5 (vattenkraft), 4,2 (biomassakraft), 4,2 (vindkraft)	g CO ₂ -ekv/MJ el	87,4 % ¹⁹
Elpanna	50,5 % kärnkraft, 37,5 % vattenkraft, 7,2 % biomassakraft, 4,8 % vindkraft ¹⁸	Vattenfall, 2012 ¹⁵	1,4 (kärnkraft), 2,5 (vattenkraft), 4,2 (biomassakraft), 4,2 (vindkraft)	g CO ₂ -ekv/MJ el	85,1 % ¹⁹

¹³ Enligt Gode et al, 2011.

¹⁴ Se bilaga C, Biogas från restprodukter.

¹⁵ Se bilaga B, Indata från livscykelanalyser och databaser.

¹⁶ 0,9 g CO₂-ekv/MJ drivmedel är också tillagt p g a gasläckage under slutanvändning. Se bilaga F, F.1, Biogas för värme.

¹⁷ Se bilaga D, Biogas från grödor.

¹⁸ Se bilaga E, El.

¹⁹ Se bilaga F, F.2, Elvärme.

Fjärrvärme	80 % skogsflis, 20 % pellets ²⁰	Bauer, 2007 ²¹	4,3 (flis), 10,1 (pellets)	g CO ₂ -ekv/MJ värme	70 % (skogsflis), 85 % (pellets) (Bauer, 2007) ²² . (10 % förluster i värmeöverföring också antaget ²³ .)
Halm	100 % halm	Forgie och Andrew, 2008 ²⁴	3	g CO ₂ -ekv/MJ värme	85 % (Forgie och Andrew, 2008).
Pellets	100 % pellets	Bauer et al, 2007 ²¹	14,5	g CO ₂ -ekv/MJ värme	82 % (Bauer, 2007) ²²

4.6.3 Transport

Tabell 7 nedan visar använt utsläppsdata för huvudresultaten inom transport.

Använt utsläppsdata för bensin och diesel är det som anges i EU:s förnybarhetsdirektiv (Ahlgren och Börjesson, 2011) och detta utsläppsdata gäller ren bensin och diesel (utan etanol- eller biodieselinblandning).

En verkningsgrad på ca 40 % motsvarar användning i en modern dieselmotor (Murray, 2008) och en bensinmotor (ottomotor) kan som bäst uppnå *knappt* 40 % verkningsgrad (Volvo, 2014). Eftersom något mer diesel än bensin används i Trelleborg antas att verkningsgraden för diesel och bensin som ersätts i Trelleborg är i genomsnitt 40 %. 40 % verkningsgrad har utifrån olika källor antagits i huvudresultaten även för de övriga drivmedelsalternativen vid användning med vanlig förbränningsmotor (se bilaga H, Verkningsgrader i fordon), vilket kan vara något högt räknat för vissa alternativ sett till dagens teknik. I olika känslighetsanalyser (se kap 5.3 Utökade känslighetsanalyser och bilaga K, Utökade känslighetsanalyser (fördjupning)) prövas hur resultaten påverkas vid andra verkningsgrader.

²⁰ Se bilaga F, F.3, Fjärrvärme.

²¹ Se bilaga B, Indata från livscykelanalyser och databaser.

²² Uppgiften gäller s k ”årlig utnyttjandegrad” (lägre än verkningsgraderna) vilket Bauer, 2007 räknar med istället för verkningsgrad.

²³ Se bilaga F, F.3, Fjärrvärme.

²⁴ Se bilaga F, F.4, Halmvärme.

Det hade varit fördelaktigt att kunna räkna med både vete och majs som råvaror för etanolen istället för endast vete (se tabell 7) eftersom etanolen i Sverige år 2012 till ca 83 % var från vete och majs (Energimyndigheten, 2013c). Antagandet i huvudresultaten om 100 % vete som råvara har gjorts för att kunna använda utsläppsdata från samma källa (Börjesson et al (2010)) för de flytande biodrivmedlen och därmed försäkra att en homogen beräkningsmetodik ligger till grund för resultaten (mer beskrivningar kring dataval i bilaga B, Indata från livscykelanalyser och databaser och bilaga G, G.2, Etanol). Antagandet är alltså en förenkling, men anses motiverat eftersom vete användes som råvara för nära dubbelt så mycket etanol som majs i Sverige år 2012 (Energimyndigheten, 2013c).

Tabell 7 Beräkningsdata för transport till huvudresultaten.

Fossilt bränsle	Antagen råvaru- eller kraftslagsmix	Källa	Värde	Enhet	Antagen verkningsgrad
Bensin eller diesel	-	Börjesson et al, 2010 ²⁵	83,8	g CO ₂ -ekv/MJ drivmedel	40 % ²⁶
Icke-fossilt alternativ					
Biogas från restprodukter	90 % betblast, 10 % gödsel ²⁷	Börjesson och Berglund, 2003 (för betblast) och Börjesson et al, 2010 (för gödsel) ²⁵	5,4 (betblast), -40,4 (gödsel) ²⁸	g CO ₂ -ekv/MJ drivmedel	40 % (fordon med vanlig förbränningsmotor) ²⁶ 60 % (elhybridfordon) ²⁹
Biogas från grödor	62 % majs, 38 % sockerbetor ³⁰	Börjesson et al, 2010 ²⁵	18,5 (majs), 16,9 (betor) ²⁸	g CO ₂ -ekv/MJ drivmedel	40 % (fordon med vanlig förbränningsmotor) ²⁶ 60 % (elhybridfordon) ²⁹

²⁵ Se bilaga B, Indata från livscykelanalyser och databaser.

²⁶ Se bilaga H, Verkningsgrader i fordon.

²⁷ Se bilaga C, Biogas från restprodukter.

²⁸ 0,9 g CO₂-ekv/MJ drivmedel är också tillagt p g a gasläckage under slutanvändning, se bilaga G, G.1, Biogas.

²⁹ Se bilaga H, Verkningsgrader i fordon. 4,3 g CO₂-ekv/MJ transportarbete är också tillagt för elhybridalternativen p g a extra utsläpp i fordonstillverkningen, se resultat, kap 5.2 och bilaga G, G.5.

³⁰ Se bilaga D, Biogas från grödor.

Etanol	100 % vete ³¹	Börjesson et al, 2010 ³²	19,6	g CO ₂ -ekv/MJ drivmedel	40 % (fordon med vanlig förbränningsmotor) ³³ 60 % (elhybridfordon) ³⁴
RME	100 % raps	Börjesson et al, 2010 ³²	19,7	g CO ₂ -ekv/MJ drivmedel	40 % (fordon med vanlig förbränningsmotor) ³³ 60 % (elhybridfordon) ³⁴
El	50,5 % kärnkraft, 37,5 % vattenkraft, 7,2 % biomassa-kraft, 4,8 % vindkraft ³⁵	Vattenfall, 2012 ³²	1,4 (kärnkraft), 2,5 (vattenkraft), 4,2 (biomassa-kraft), 4,2 (vindkraft) ³⁶	g CO ₂ -ekv/MJ el	68 % ³⁷ (totalverkningsgrad från producerad el till transportarbete)

³¹ Se bilaga G, G.2, Etanol.

³² Se bilaga B, Indata från livscykelanalyser och databaser.

³³ Se bilaga H, Verkningsgrader i fordon.

³⁴ Se bilaga H, Verkningsgrader i fordon. 4,3 g CO₂-ekv/MJ transportarbete är också tillagt för elhybridalternativen p g a extra utsläpp i fordonstillverkningen, se resultat, kap 5.2 och bilaga G, G.5.

³⁵ Se bilaga E, El.

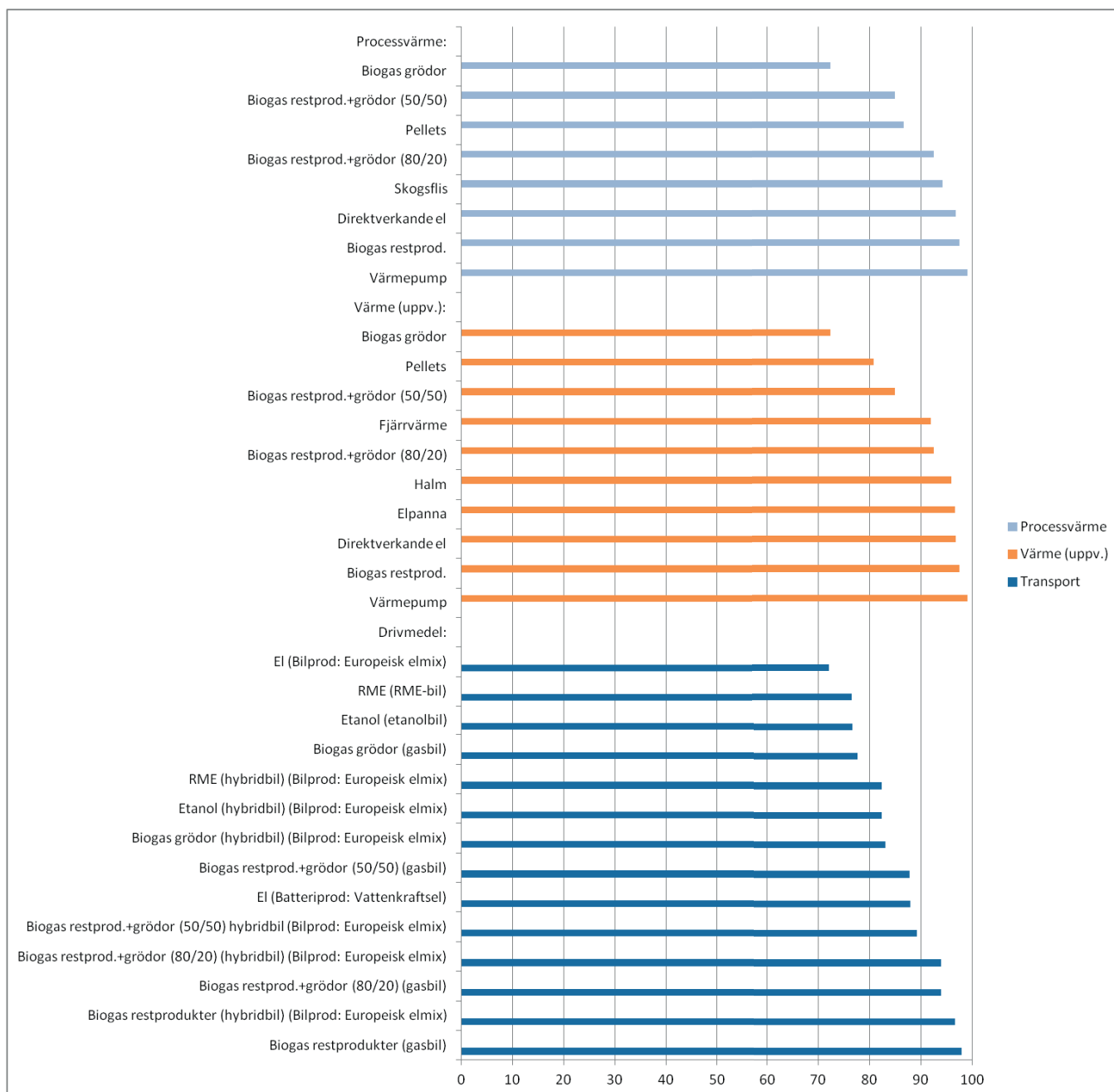
³⁶ 55,6 g CO₂-ekv/MJ transportarbete är också tillagt för el p g a extra utsläpp i fordonstillverkningen. Vid antagande om vattenkraftsel i batteritillverkningen är tillägget på 22,2 g. Se resultat, kap 5.2 och bilaga G, G.4.

³⁷ Se bilaga G, G.4, El.

5. Resultat

5.1 Huvudresultat - utsläppsreduktion

Klimatnyttan som de icke-fossila alternativen ger redovisas i den utsläppsreduktion som sker när det fossila referensbränslet naturgas respektive bensin/diesel (utan inblandning av etanol respektive biodiesel) ersätts (Figur 6). Inom varje användningsområde redovisas alternativen i stigande klimatmässig ordning, d v s alternativet med störst utsläppsreduktion redovisas längst ner. Beskrivningar och kommentarer av diagrammet finns nedanför figur 6.



Figur 6 Utsläppsreduktioner (i %) som uppstår när respektive icke-fossilt alternativ ersätter aktuellt referensbränsle. För värme (uppv.) och processvärme är referensbränslet naturgas och för transport är referensbränslet bensin/diesel.

Av Figur 6 framgår att det finns ett flertal andra alternativ än biogas som ger en utsläppsreduktion på över 90 % inom värme (uppv.) och processvärme. Störst reduktion beräknas värmepumpar ge. Vid en andel grödor som råvara om 50 % eller mer till biogasproduktionen är biogas ett av de två alternativ med lägst reduktion ihop med pellets.

Inom transport är det däremot endast olika system för biogas som bedöms ge en klimatnytta på över 90 % utsläppsreduktion. Biogas ger högst utsläppsreduktion av alla alternativ så länge den är producerad av minst 50 % restprodukter. Utgående från dessa huvudresultat bör biogas ur klimatsynpunkt alltså användas som drivmedel eftersom biogas är det bästa alternativet där. Inom värme finns däremot ett flertal andra icke-fossila alternativ som kan ge likvärdig eller t o m högre reduktion av växthusgaser än biogas.

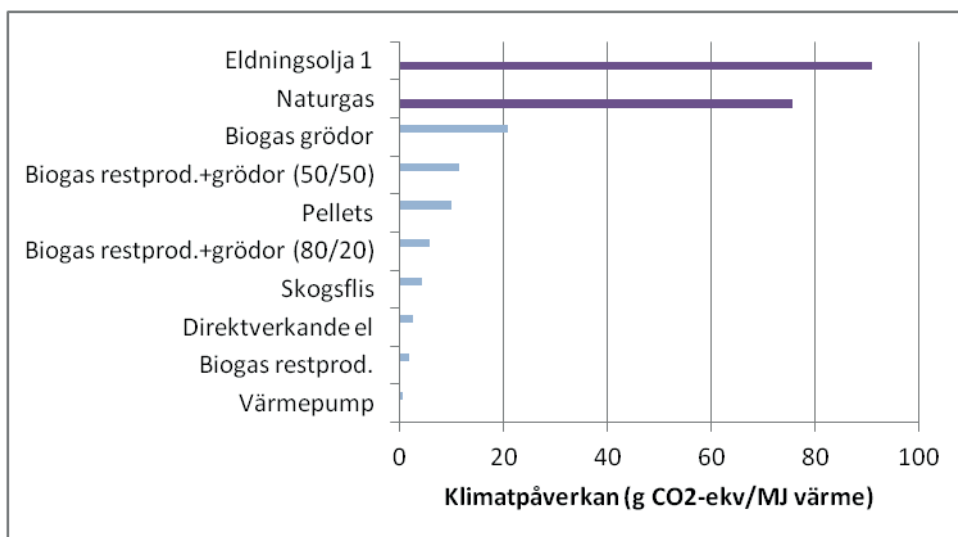
Om man jämför klimatnyttan med biogas som drivmedel respektive värme (utan hänsyn till alternativen) ger biogasen något större klimatnytta som drivmedel. Biogas ger större utsläppsreduktion som drivmedel än för värme eftersom referensbränslet är bensin/diesel inom drivmedel och naturgas inom värme. För biogas från endast restprodukter är skillnaden i utsläppsreduktion liten mellan användning som drivmedel och värme. Vid användning av grödor i biogasproduktionen blir skillnaden något större. Vid t ex 50 % grödor är utsläppsreduktionen för biogas inom transport ca 89 % (gäller användning i elhybridbil, vilket ger störst utsläppsreduktion vid denna andel grödor) jämfört med ca 85 % för värme.

Figur 6 visar att biogas bedöms vara ett klimatomänsigt bättre drivmedel inom transport än etanol och RME. Denna rangordning antas gälla även inom användningsområdet ”övrigt motorarbete”, d v s för t ex traktorer, byggfordon m m, eftersom dessa tre bränslen antas ha samma genomsnittliga verkningsgrader i de motorer som de kan användas till inom ”övrigt motorarbete” (detta antagande gäller även inom transport).

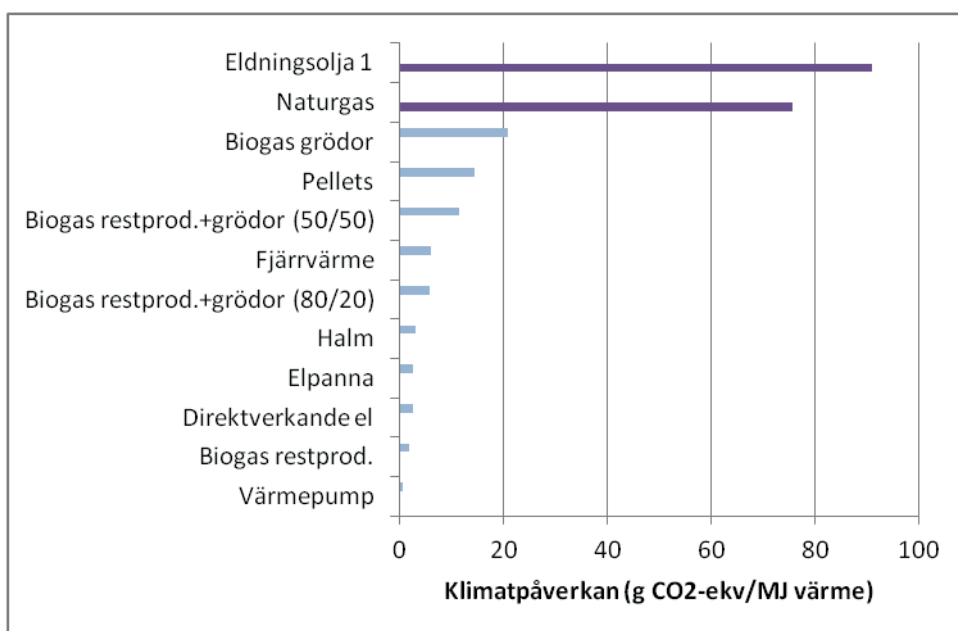
5.2 Huvudresultat - utsläpp i absoluta tal

Även om klimatnyttan skiljer sig åt mellan de icke-fossila alternativen visar figur 6 också att *alla* alternativ har tydligt lägre klimatpåverkan än dagens fossila bränslen. De undersökta alternativen medför som lägst 72 % utsläppsreduktion när de ersätter referensbränslena, och har alltså som mest 28 % av de fossila bränslenas klimatpåverkan enligt dessa huvudresultat.

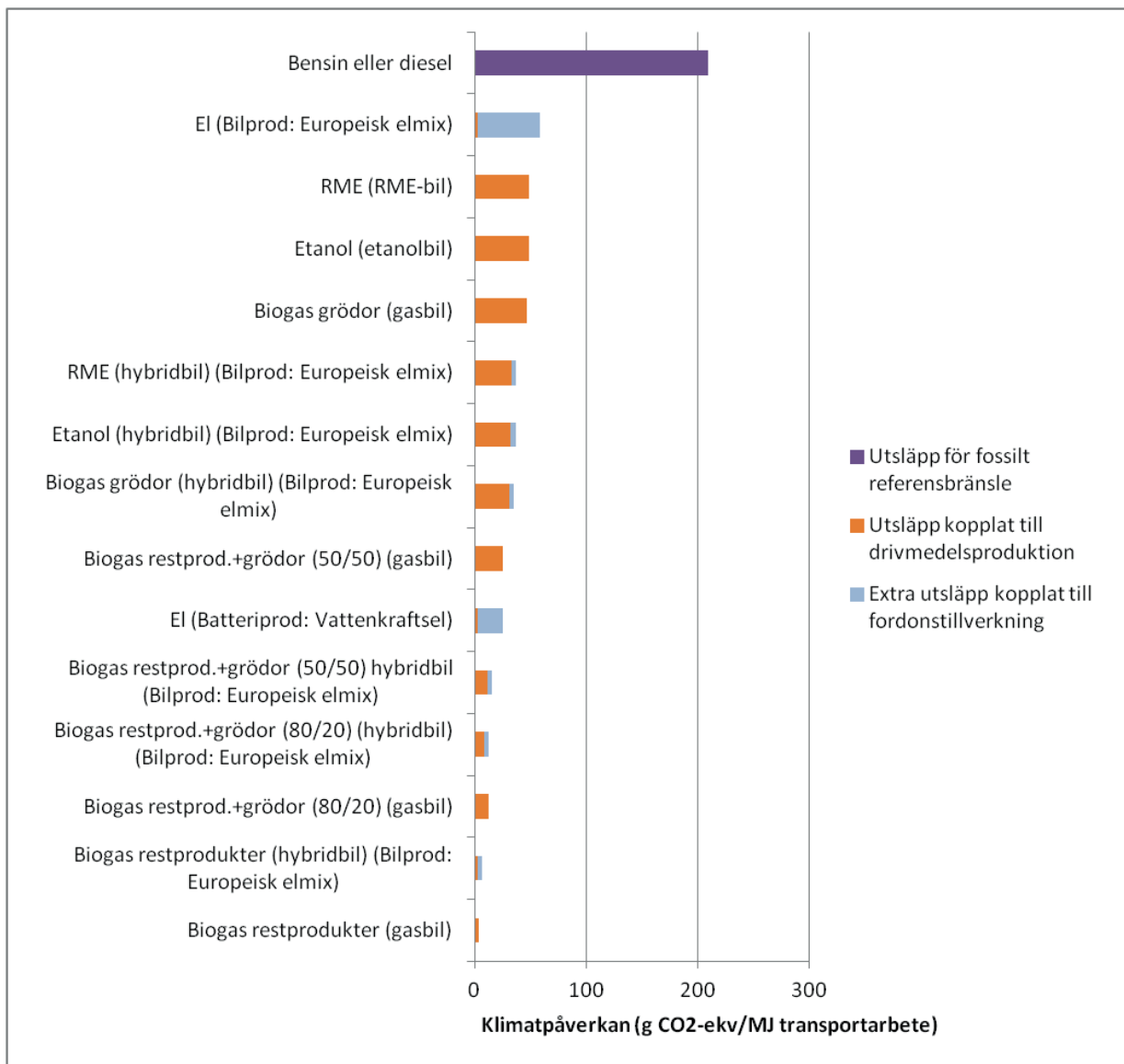
I figur 7, 8 och 9 nedan åskådliggörs de klimatpåverkande livscykelutsläppen i absoluta tal för alla icke-fossila alternativ och för de fossila bränslen som används idag.



Figur 7 Livscykelutsläpp för alla icke-fossila alternativ inom processvärme, samt livscykelutsläpp för de fossila bränslen som används idag.



Figur 8 Livscykelutsläpp för alla icke-fossila alternativ inom värme (uppv.), samt livscykelutsläpp för de fossila bränslen som används idag.



Figur 9 Livscykelutsläpp för alla icke-fossila alternativ inom transport samt livscykelutsläpp för de fossila bränslen som används idag. Ljusgrå del av stapel markerar det extra utsläpp som sker i fordonstillverkningen för fordon med eldrift.

Figur 7, 8 och 9 ger i princip samma information som figur 6 men visar utsläppen som ligger till grund för utsläppsreduktionerna i absoluta tal. Enligt figur 9 medför det extra utsläppet i fordonstillverkningen att livscykelutsläppet för transport med el höjs betydligt, och utan detta extra utsläpp hade transport med el haft mycket låg klimatpåverkan. Tydligt är också att antagandet om el för batteritillverkningen har stor påverkan på utsläppen, eftersom transport med el presterar betydligt bättre om vattenkraftsel antas där. Det extra utsläppet gör inte alls lika stor skillnad för elhybridalternativens totala utsläpp, trots att fordonet (inklusive batteriet) tillverkas med europeisk elmix.

5.3 Utökade känslighetsanalyser

Utsläppsresultaten för de olika systemen i huvudresultaten bygger på de antaganden och förutsättningar kring t ex råvarufördelningar, verkningsgrader och livslängder för fordon som bedömts vara troligast för respektive system. I följande, utökade, känslighetsanalyser har dessa förutsättningar och antaganden varierats med syftet att bedöma vilka osäkerheter det finns i huvudresultatet.

Nedan presenteras och kommenteras kortfattat de mest centrala utökade känslighetsanalyserna. Ett mer utförligt kapitel om de utökade känslighetsanalyserna finns i bilaga K. Vänstra kolumnen i tabell 8 och 9 anger vilket icke-fossilt alternativ som avses och hur förutsättningarna har förändrats för detta alternativ. Mittenkolumnen anger alternativets utsläppsreduktion vid dessa nya förutsättningar (för den fossila referensen ändras inga antaganden, d v s dessa är konstant samma som för huvudresultaten, kap 5.1-5.2). Alternativen presenteras i klimatomfattig storleksordning, med högsta utsläppsreduktionen överst. Högerkolumnen visar den ursprungliga utsläppsreduktionen (huvudresultaten).

5.3.1 Drivmedel

På drivmedelssidan visar känslighetsanalyserna att förutsättningarna är begränsade för att något annat icke-fossilt alternativ ska uppnå samma klimatnytta som biogas (se tabell 8 och kommentarer nedanför tabellen).

Tabell 8 Utvalda känslighetsanalyser för drivmedel.

Icke-fossilt alternativ	Utsläppsreduktion (%) ³⁸	Huvudresultat (%)
Etanol (Hybridbil, bilprod: europeisk elmix), från 100 % halm ³⁹ , ändrat från 100 % vete	90,8	82,4
El (Batteriprod: vattenkraftsel), livslängd 30000 mil, ändrat från 25000 mil	89,7	87,9
Etanol (Vanlig förbränningsbil), från 100 % halm ³⁹ , ändrat från 100 % vete	89,3	76,6
Etanol (Vanlig förbränningsbil), verkningsgrad 70 %, ändrat från 40 %	86,6	76,6
RME (Vanlig förbränningsbil), verkningsgrad 70 %, ändrat från 40 %	86,6	76,5
Etanol (Hybridbil, bilprod: europeisk elmix), verkningsgrad 70 %, ändrat från 60 %	84,6	82,4
RME (Hybridbil, bilprod: europeisk elmix), verkningsgrad 70 %, ändrat från 60 %	84,5	82,3
El (Bilprod: europeisk elmix), mix för el i användningen: 100 % kärnkraft ⁴⁰ , ändrat från approximativ elmix i svensk icke-fossil elförsäljning ⁴¹	72,5	72,0
Elbil (Bilprod: europeisk elmix), verkningsgrad 76 %, ändrat från 68 % ⁴²	72,1	72,0
Elbil (Bilprod: europeisk elmix), mix för el i användningen: endast biomassakraft ⁴³ , ändrat från approximativ elmix i svensk fossilfri elförsäljning ⁴¹	70,6	72,0

³⁸ Utsläppsreduktion vid ersättning av referensbränsle diesel/bensin.

³⁹ Livscykelutsläpp för etanol av halm respektive träavfall hämtat ur Edwards et al (2013).

⁴⁰ Utgående från Vattenfall (2012) är det kraftslag inom fossilfri el i Sverige med minst klimatpåverkan kärnkraftsel (se kap 4.6). Därför räknas ett exempel gällande detta kraftslag utifrån Vattenfalls studie.

⁴¹ 50,5 % kärnkraft, 37,5 % vattenkraft, 7,2 % biomassakraft, 4,8 % vindkraft (se bilaga E för mer info)

⁴² Uppgifter från ELFIR och SWEFA (2007) och Tesla Motors Inc (2006) visar att en totalverkningsgrad på 76 % för elbilar är möjlig (se bilaga G, G.4).

⁴³ Utgående från Vattenfall, 2012 och Moomaw et al, 2011 är det kraftslag inom fossilfri el i Sverige med mest klimatpåverkan el från biomassa. Därför räknas ett exempel gällande detta kraftslag utifrån Vattenfalls studie.

Av tabell 8 framgår att med huvudresultatens antagna råvarumix uppnår etanol och RME inte 90 % utsläppsreduktion även om verkningsgraden för elhybridalternativen antas vara 70 % istället för 60 %. Reduktionen ökar då från drygt 82 % till knappt 85 % för båda alternativen. Ett teoretiskt exempel för vanliga förbränningsmotorer syns också i tabellen, där verkningsgraden för etanol och RME höjts mycket kraftigt, från 40 till 70 %, vilket är en orimligt hög förbättring. Även vid dessa förutsättningar uppnår inte etanol och RME 90 % utsläppsreduktion, utan knappt 87 %. Höjda verkningsgrader vid användning av etanol och RME bedöms därmed inte räcka för att göra etanol och RME klimatmässigt likvärdigt med vad biogas kan uppnå. Av tabellen framgår dock att etanol kan ge utsläppsreduktion på runt 90 % (utan höjd verkningsgrad) om den produceras av restprodukter (i detta fall, halm) och inte av grödor. Endast ca 1 % av den sålda etanolen i Sverige är idag producerad av restprodukter och 99 % av grödor (gäller år 2012), vilket visar att detta system inte är den troligaste råvarutillförseln idag (Energimyndigheten, 2013c).

I tabell 8 visas att för transport med el påverkas resultaten relativt lite av vilken icke-fossil el och vilken totalverkningsgrad som antas för användningen. Det är antaganden om utsläpp p g a batteritillverkningen som påverkar resultaten mest. El kan ge *knappt* 90 % utsläppsreduktion om man antar endast vattenkraftsel i batteritillverkningen och en genomsnittlig livslängd för fordonen på 30000 mil. Detta kan anses som klimatmässigt mycket optimistiska förutsättningar, dels med tanke på att de flesta elbilsbatterier är tillverkade i Japan, USA och Europa (Blomhäll, 2014) vars elproduktion till övervägande del är fossil (här avses Japans, USA:s och EU:s elproduktion) (Enerdata, 2012, US Energy Information Administration, 2013, European Commission, 2014), dels med tanke på att det finns generella osäkerheter i om batterierna håller hela fordonets livslängd (Automotorsport, 2010).

Eftersom utsläppstillägget var relativt marginellt för elhybridfordonen i huvudresultaten (gällande europeisk elmix) (se figur 9) har inga känslighetsanalyser kring klimatvänligare el i batteritillverkningen gjorts för elhybridalternativen.

5.3.2 Värme (uppv.) och processvärme

Känslighetsanalyserna på värme (uppv.)- och processvärmesidan styrker att det finns flera andra alternativ än biogas som ger klimatnytta på över 90 % utsläppsreduktion (se tabell 9 och kommentarer nedanför tabellen).

Tabell 9 Utvalda känslighetsanalyser för värme (uppv.) och processvärme.

Icke-fossilt alternativ	Utsläppsreduktion (%) ⁴⁴	Huvudresultat (%)
Biogas av restprodukter, <i>utan</i> uppgradering, ändrat från <i>med</i> uppgradering	101,9	97,5
Värmepump, verkningsgrad 250 %, ändrat från 300 % och elmix 100 % biomassakraft ⁴⁵ , ändrat från approximativ elmix i svensk icke-fossil elförsäljning ⁴⁶	97,8	99,1
Skogsflis, utsläppsdata: emissionsfaktor från Gode et al, 2011, ändrat från Bauer, 2007	97,4	94,3
Biogas av restprodukter och grödor (80/20), <i>utan</i> uppgradering, ändrat från <i>med</i> uppgradering	96,9	92,5
Fjärrvärme, utsläppsdata: emissionsfaktorer från Gode et al, 2011, ändrat från utsläppsdata från Bauer, 2007	95,9	92,0
Direktverkande el, elmix: 100 % biomassakraft ⁴⁵ , ändrat från approximativ elmix i svensk icke-fossil elförsäljning ⁴⁶	93,7	96,8
Elpanna, elmix: 100 % biomassakraft ⁴⁵ , ändrat från approximativ elmix i svensk icke-fossil elförsäljning ⁴⁶	93,5	96,7
Pellets för processvärme, utsläppsdata: emissionsfaktor från Gode et al, 2011, ändrat från Bauer, 2007	92,1	86,6
Fjärrvärme, bränslemix 50 % skogsflis och 50 % pellets, ändrat från 80 % skogsflis och 20 % pellets	89,4	92,0

Av tabell 9 framgår att även om man enbart räknar med den klimatmässigt sämsta fossilfria elen (och inte mixen för fossilfri el i svensk elförsäljning) har alla elvärmesystem fortfarande över minst 93 % utsläppsreduktion. Värmepumpar är fortfarande något bättre än (uppgraderad) biogas från endast restprodukter även vid antagande om endast den klimatmässigt sämsta fossilfria elen och att verkningsgraden är 250 % och inte 300 % för värmepumparna (vilket kan anses som "klimatmässigt sämsta möjliga förutsättningar").

Av tabellen framgår även att fjärrvärmerna får ökad utsläppsreduktion (från 92 % till knappt 96 %) vid användning av svenska emissionsfaktorer (Gode et al, 2011) istället för Bauer (2007). Även den lokala värmeproduktionen av skogsflis och pellets får bättre resultat vid användning av Godes et al (2011) emissionsfaktorer och båda uppnår över 90 % utsläppsreduktion med dessa utsläppsdata. Fjärrvärmerna kan dock även få lägre utsläppsreduktion om man antar en ökad andel pellets jämfört med idag.

Tabell 9 indikerar att biogas från 100 % restprodukter *utan uppgradering* är det klimatmässigt

⁴⁴ Utsläppsreduktion vid ersättning av referensbränslet naturgas.

⁴⁵ Utgående från Vattenfall (2012) och Moomaw et al (2011) är det kraftslag inom fossilfri el i Sverige med mest klimatpåverkan el från biomassa. Därför räknas ett exempel gällande detta kraftslag utifrån Vattenfalls studie.

⁴⁶ 50,5 % kärnkraft, 37,5 % vattenkraft, 7,2 % biomassa, 4,8 % vindkraft (se bilaga E för mer info).

bästa värmealternativet. Det finns dock osäkerheter i en framtida råvarutillförsel för biogasen i Trelleborg, vilket beaktas i denna studie, och vid t ex en andel på 20 % grödor eller mer får inte biogas utan uppgradering, utan värmepumpar, bäst utsläppsresultat.

Värmealternativen som enligt huvudresultaten och de utökade känslighetsanalyserna har över 90 % utsläppsreduktion bör antingen vara bättre än eller åtminstone kunna anses som likvärdiga alternativ till biogas beroende på vilka förutsättningar som gäller för biogasen.

6 Slutsats

Studiens resultat kan sammanfattas i 5 punkter:

- Alla de icke-fossila alternativ som undersökts inom drivmedel och värme är klart bättre klimatmässigt än dagens fossila.
- Biogas producerad från i huvudsak restprodukter ger störst klimatnytta av de undersökta drivmedlen och gör större klimatnytta som drivmedel än för värme.
- Biogas är det enda drivmedlet i undersökningen som ger över 90 % utsläppsreduktion.
- Det finns ett flertal klimatmässigt likvärdiga eller bättre icke-fossila alternativ för värme än biogas, som ger över 90 % utsläppsreduktion.
- Biogas producerad till stor del från restprodukter är ett klimatmässigt bra alternativ även för värme.

Studiens slutsats är utifrån detta att biogas ur klimatsynpunkt bör användas som drivmedel i Trelleborgs kommun.

Eftersom biogas från grödor, etanol och RME i princip gör lika stor klimatnytta sett till studiens huvudresultat är det ”viktigaste” för klimatet att just *restprodukter* utnyttjas som råvara för biogas. För den övriga drivmedelsförsörjningen kan lika gärna etanol och RME användas.

Ett optimalt scenario för minimerad klimatpåverkan är att de *tillgängliga* restprodukterna för biogas i Trelleborgs kommun utnyttjas maximalt för produktion av biogas och att denna biogas sedan används som drivmedel. Kapitel 7 nedan är en genomgång av de tekniska och ekonomiska möjligheterna att förverkliga detta scenario.

7. Genomgång kring teknisk och ekonomisk möjlighet för genomförande

Vid maximalt utnyttjande av de *tillgängliga* restprodukterna i Trelleborgs kommun kan ca 84 GWh biogas produceras per år, och om grödor också tillsätts blir produktionen högre. För att biogas ska produceras och användas som drivmedel på dessa nivåer krävs att efterfrågan mångdubblas. År 2011 såldes drygt 3 GWh biogas som drivmedel (andelen biogas i den sålda fordonsgasen) i Trelleborgs kommun (Eon, 2014).

Utredningen *Förslag till en sektorsövergripande biogasstrategi* (Energimyndigheten, 2010) behandlar de marknadsmässiga förutsättningarna för att öka biogasanvändningen. Denna utredning ligger till grund för följande genomgång av förutsättningarna för ökad biogasproduktion och -användning i Trelleborg.

7.1 Generellt om kostnader för biogasproduktion

Det huvudsakliga hindret för ökad produktion och användning av biogas är att biogasmarknaden kännetecknas av dålig lönsamhet (Energimyndigheten, 2010). Svårigheterna att få lönsam produktion visar sig i att försäljningspriset för biogas som drivmedel ofta ligger nära produktionskostnaden (Energimyndigheten, 2010). Energimyndighetens utredning menar dock att produktionskostnaderna kan variera mycket. Större (och kostnadseffektiva) samrättningsanläggningar med uppgradering har, tack vare stordriftsfördelar, mycket större chans att vara lönsamma än mindre anläggningar. En jämn produktion över året är också en ekonomisk fördel (Energimyndigheten, 2010).

Rapporten *Kostnader och potential för biogas i Sverige* (Börjesson och Lantz, 2010) beskriver också att kostnaderna för biogasproduktion kan variera mycket och att varje biogasprojekts möjlighet till lönsamhet i princip är unikt. Nyckelfaktorer för hur höga kostnaderna blir är både produktionens skala, råvaruanvändning och transportbehov (Börjesson och Lantz, 2010).

Ett exempel på fördelar med stordrift är att investeringsbeloppet för röt-kammare, i enheten kr/m³ röt-kammare, kan variera över minst en faktor 5 och blir lägre ju större röt-kammarna är för anläggningen (Börjesson och Lantz, 2010). Enligt Lantz (2013) kan investeringsbeloppet för en hel storskalig biogasanläggning (reaktorvolym på 5000 m³ eller mer), vid produktion från grödor, variera mellan åtminstone 240 och 340 Euro/m³ röt-kammavolym. Dessa uppgifter illustrerar tydligt hur kostnaderna kan variera beroende på produktionens skala.

Kostnader för uppgradering är också mycket skalberoende och sjunker stadigt upp till en årsproduktion på 30 GWh (Börjesson och Lantz, 2010). Vid högre produktion än så sjunker kostnaderna endast marginellt med skalan, vilket alltså innebär att uppgradering generellt är mest lämpligt ekonomiskt för anläggningar med produktion på ca 30 GWh per år eller mer. Utifrån de biogasanläggningar som Swedish Biogas projekterat och medverkat i att sätta i drift är det oftast samrättningsanläggningar som producerar mer än 30 GWh biogas och därmed är ekonomiskt mest lämpade för uppgradering (Swedish Biogas, 2014). (Swedish Biogas anger årsproduktionen för sina anläggningar i normal-kubikmeter (Nm³) rågas och dessa uppgifter har omvandlats till GWh via Environmental systems (2006), som anger energiinnehållet i rågas.)

Andra delar inom biogasproduktion som kännetecknas av stordriftsfördelar är administrativa delar såsom system för redovisning, skatteredovisning, försäljning och betalning, där kostnaderna i princip är lika stora oavsett hur stor produktionen är (Börjesson och Lantz,

2010). Detta gör att kostnaderna per kWh producerad biogas ständigt sjunker med produktionsvolymen.

I Börjesson och Lantz (2010) nämns att kostnaderna kopplat till tankstationer för biogas är på ca 0,15-0,30 kr/kWh, vilket motsvarar 1,45-2,90 kr/Nm³ (normalkubikmeter) uppgraderad biogas (Svenskt gastekniskt centrum, 2011). Detta kan jämföras med priset på fordonsgas av 100 % biogas ("biogas 100") som är på ca 13,60 kr/Nm³ utgående från Eons riktpriiser i skrivande stund och vad en normalkubikmeter biogas motsvarar i bensinlitrar enligt NSR (2014). Kostnaderna för transport av råvaror är i ungefär samma storleksordning som tankstationskostnaderna, och ökar linjärt med den totala transportsträckan (Börjesson och Lantz, 2010).

Dessa kostnadsaspekter innebär att biogasproduktion i Trelleborg förmodligen bör ske storskaligt i samrättningsanläggningar (även om djupare studier kring detta är nödvändigt), och att det bör läggas vikt vid att minimera behovet av transporter för denna produktion. De totala kostnaderna för produktion av uppgraderad biogas kan variera från "i bästa fall" 0,8 till "i sämsta fall" 2,4 kr/kWh (Energimyndigheten, 2010), vilket understryker betydelsen av att välja ekonomiskt fördelaktiga produktionssystem i Trelleborg.

7.2 Möjligheter till ökad lönsamhet

"Kostnadsbilden" för biogasproduktion på 0,8-2,4 kr/kWh kan jämföras med det "pilotstöd" som befintlig eller redan beslutad gödselbaserad produktion sedan september 2013 kan få, *metanreduceringsstödet* (Esping, 2013). Stödet är på 0,2 kr/kWh fram till 2023 (Esping, 2013), och om ett permanent stöd på samma nivå införs kan detta ha viss ekonomisk betydelse i eventuella gödselbaserade biogasprojekt i Trelleborg, där är en produktion på ca 8 GWh biogas från gödsel möjlig (Björnsson et al, 2011). En återinförd skatt på mineralgödsel, vilket Energimyndigheten (2010) förordar och som även har föreslagits av den i oktober 2014 tillträdde regeringen, skulle också öka lönsamheten för biogasproduktion av gödsel.

Energimyndigheten (2010) efterlyser fortsatt tvärvetenskaplig forskning och utveckling för att åstadkomma mer kommersiellt applicerbara lösningar för biogas. Det bedöms inte finnas *enskilda* stora kommersiella landvinningar utan det handlar om att steg för steg förbättra den ekonomiska effektiviteten i varje del av verksamheten. Detta gäller fortsatt optimering av drift, råvaruinsamling, förbehandling, distributionsteknik m m. Även rening av rötresten är ett nyckelområde för att kunna öka lönsamheten, eftersom detta förbättrar avsättningsmöjligheterna för denna biprodukt. För att få lönsam produktion av biogas i Trelleborg bör det vara värdefullt att hålla sig uppdaterad kring dessa typer av förbättringar.

7.3 Aspekter som talar för biogas för drivmedel

Det finns ett antal generella aspekter, gällande även i Trelleborgs kommun, som talar för att producerad biogas kommer gå till drivmedel.

Fördelen med jämn produktion över året talar för viljan att satsa på biogasproduktion till drivmedel eftersom denna förbrukning är relativt jämn över året, till skillnad från värme (uppv.) som är säsongberoende. Processvärme används dock (oftast) med jämn förbrukning året om.

En fördel med att uppgradera biogas är att den kan adderas till det existerande naturgasnätet och på dess stamnät. I dagsläget finns det i princip ständigt kapacitet på stamnätet, vilket gör det till en trygg avsättning för uppgraderad biogas. För samrättningsanläggningar (vilket bör

vara lämpligt vid biogasproduktion till drivmedel) finns möjligheter att placera dem i nära anslutning till stamnätet (eller andra delar av naturgasnätet) och därmed kunna få låga kostnader för distribution.

Det levereras idag biogas till det befintliga naturgasnätet på flera ställen i Sverige och Jordberga Biogas i Trelleborgs kommun är det första biogasprojektet som levererar biogas direkt på stamnätet (Eon, 2012). Det bör finnas goda möjligheter att fortsätta göra detta i Trelleborgs kommun. Stamnätet har enligt Börjesson och Lantz (2010) möjlighet att öka distributionen av gas med åtminstone 15 TWh om naturgasanvändningen inte är högre än 15 TWh i Sverige. Enligt Cederborg och Heumann Bauer (2013) var användningen av naturgas uppe över 15 TWh år 2010 men till år 2012 hade användningen minskat till ca 12,5 TWh. Den totala biogaspotentialen i Sverige från restprodukter är ca 15 TWh enligt Linné et al (2008) och år 2012 var biogasproduktionen i Sverige på ca en tiondel av detta, 1,6 TWh (Energimyndigheten, 2013). Sammantaget innebär alltså detta att det finns mycket goda möjligheter ett antal år framöver att leverera uppgraderad biogas direkt på stamnätet.

7.4 Aspekter som talar för biogas för värme

Det finns också ett antal generella aspekter, gällande i Trelleborgs kommun, som talar för att producerad biogas kommer gå till värme.

En fördel med biogas för värme är att det oftast bör finnas ett begränsat behov av förändringar i utrustning, teknik, rutiner m m för kunder (exempelvis i Trelleborg) att övergå till att handla biogas istället för naturgas över det existerande nätet. För en verksamhet eller privatperson som istället byter till biogas inom sina transporter medför detta byte (oftast) behov av nytt fordon. Eventuellt måste t ex också tankningsrutiner förändras, med tanke på den hittills relativt begränsade tillgången till gastankstationer (i Skånes färdplan för biogas beskrivs att man ser ett stort behov av ett ökat antal tankställen (Region Skåne, 2010)).

Det är ofta ekonomiskt fördelaktigt att använda biogas internt inom den verksamhet som producerar den, och därmed ersätta inköpt energi. På detta sätt kan energikostnaden vara samma som produktionskostnaden, vilket inte blir fallet om man köper energi, då moms, eventuell energiskatt och vinstmarginal m m tilläggs till det man behöver betala för energin. Det är förmodligen mer aktuellt inom den biogasproducerande verksamheten att använda biogasen internt för värme (exempelvis för processvärme till rötningen) än att använda den internt som drivmedel.

7.5 Kommunens möjlighet att påverka produktion och användning av biogas

En kommun har möjlighet att vara en aktör inom biogas, bl a som ansvarig för avfallshantering samt vatten- och avloppsrening, vilket innebär att kommunen kan initiera biogasproduktion av råvaror som finns inom denna verksamhet. Den största delen av Trelleborgs biogaspotential från restprodukter ligger inte inom dessa områden utan är odlingsrester. Kommunen kan dock planera och projektera biogasproduktion samt driva egna anläggningar, även om man behöver införskaffa råvaror utanför sin egen verksamhet.

Det kan finnas juridiska svårigheter för kommunen eller ett kommunalt bolag att få sälja biogas. Kommunallagen (2 kap. 7 §, 8 kap. 3c§) säger att "Kommunal affärsverksamhet ska i allmänhet drivas utan vinstsyfte och gå ut på att tillhandahålla allmännyttiga anläggningar eller tjänster åt kommunmedlemmarna. Tjänster och nyttigheter ska erbjudas högst till

självkostnad” (Lundgren et al, 2013). Om kommunen säljer biogas till självkostnadspris kan det dock anses som ett snedvridande av en ”effektiv konkurrens” på biogasmarknaden, bl a i och med att privata företag kan hämmas av denna prissättning. Sedan 1 januari 2010 kan Konkurrensverket driva fram ett förbud för en offentlig försäljningsverksamhet eller ett visst förfarande inom denna om den anses snedvrida en effektiv konkurrens eller förhindra uppkomsten av en sådan (Legnerfält och Andersson, 2010). Om exempelvis självkostnadspriset anses snedvrida konkurrensen kan alltså kommunen tvingas lägga ner biogasförsäljningen, eftersom det enligt kommunallagen alltså också kan anses juridiskt felaktigt att höja priset i detta läge. Inom kommunal energiförsäljning finns undantag för förbudet av vinst inom fjärrvärme- och elförsäljning (men inte inom biogasförsäljning) (Regeringen, 2008). Försäljning av biogas kan i vissa fall, t ex för biogas från avloppsslam, räknas som ”anknytande verksamhet” (och inte den huvudsakliga verksamheten), vilket ökar möjligheterna att få bedriva verksamheten (Svenska stadsnätetsföreningen, 2010). I annat fall kan användningen av kommunens biogas bli begränsad till den egna energiförsörjningen. Ett indirekt sätt att sälja biogas för värme kan dock vara att använda den i fjärrvärmeproduktionen, men dessa möjligheter bedöms inte närmare här eftersom denna genomgång främst handlar om möjligheterna för biogas på drivmedelssidan.

Kommunen kan *direkt* påverka drivmedelsanvändningen för bl a sina egna fordon, renhållningsfordonen, skolbussarna, färdtjänsten och sina upphandlade transporter (Ljung, 2014; Trelleborgs kommun, 2014). Det finns möjlighet att t ex besluta att all denna transport måste ske med biogas, och detta kan vara ett sätt att uppnå målet om fossilfria transporter till 2020. Kommunen tar redan steg i denna riktning i och med att man kommer övergå till att använda endast biogas till sina egna fordon (Björk, 2014). Kommunen har även möjligheten att samverka med Region Skåne för ökad användning av biogas inom Skånetrafiken (som drivs av Region Skåne). Biogas beskrivs som både enklare och kostnadseffektivare att använda i fordon med bestämda rutter eftersom det inte kräver lika mycket tankställen och gasdepåer (Energimyndigheten, 2010). Detta visar på lämpligheten att använda det i t ex renhållningsfordon och kollektivtrafik.

Kommunen har också möjlighet att driva påbyggnad av gasnät och tankstationer och därmed öka tillgängligheten för biogas (Energimyndigheten, 2010) och kan även vara ett stöd för forskning kring biogas, vilket redan idag sker inom bl a Biogassys-projektet.

Även om det finns avsättningsmöjligheter inom kommunen på drivmedelssidan kan större avsättning ske på värmesidan. Detta beror på att kommunen har betydligt mer egen fossil värme (i princip endast naturgas) att ersätta än man har fossil transportenergi (Trelleborgs kommun, 2012). Ett sätt att snabbt öka efterfrågan på biogas är därför att handla detta för värme. Om kommunen skulle ersätta all sin naturgasanvändning (år 2011 ca 30 GWh) med biogas skulle detta öka behovet av biogas motsvarande en storskalig samrötningsanläggning. Möjligheter finns också att vid en ökad efterfrågan på fjärrvärme i kommunområdet producera denna värme av biogas. Sådana satsningar av kommunen skulle alltså kunna stimulera marknaden kraftigt. I ett senare led, vid en mer omfattande biogasproduktion, skulle kommunen kunna arbeta för att biogasen inom värme ska ersättas med andra klimateffektiva alternativ och istället använda biogasen endast som drivmedel.

7.6 Biogasens ställning på drivmedelsmarknaden idag

För att få upp efterfrågan på biogas som drivmedel har kommunen ingen möjlighet att tvinga privata bilister eller företag med transporter att köra på biogas. Faktorer som styr efterfrågan

är t ex lönsamheten för kunderna gentemot andra alternativ, tillgängligheten och ett eventuellt privat miljöengagemang.

Lönsamheten gentemot andra drivmedelsalternativ kräver en fullständig kalkyl inklusive bilköp, aktuella förutsättningar vad gäller skatter, bränslepriser m m. I denna studie görs inte en sådan fullständig kalkyl utan endast en jämförelse av bränslepriserna för biogas och de fossila alternativen.

Enligt Eons riktpriiser i skrivande stund är det generellt något billigare att köra på 100 % biogas ("biogas 100") än på bensin men lite dyrare än att köra på diesel (sett till 2013 års snittpris på bensin och diesel enligt Ekonomifakta (2014)). Priset på Eons biogas 50 (ca 50 % naturgas) är lägre än för biogas 100, vilket indikerar att naturgas är ett billigare drivmedel än biogas. Vissa fossila alternativ är alltså billigare att köra på idag än 100 % biogas och biogasen konkurrerar dessutom även med andra icke-fossila alternativ. Detta och att tillgängligheten för biogas som drivmedel är betydligt lägre än för fossila drivmedel försvårar en ökad användning (vilket även avspeglas i bilförsäljningsstatistiken, se nästa stycke).

År 2013 var 1,4 % av alla nya bilar som såldes i Sverige gasbilar, vilket var en liten minskning från året innan då andelen var 1,9 % (Trafikverket, 2014). Dessa siffror stämmer väl överens med drivmedelsförbrukningen i Trelleborg år 2011. Gasförbrukningen var då på ca 2 % av diesel- och bensinförbrukningen (SCB, 2013; Eon, 2014). Båda dessa uppgifter visar den svaga ställningen för gas som drivmedel jämfört med bensin och diesel, vilket kan tyda på att det behövs effektivare politiska styrmedel för biogas.

En övergång till mer omfattande transporter med biogas kräver både tid och att ett betydligt större antal gasfordon ersätter befintliga bensin- eller dieselfordon. Den fossila drivmedelsförbrukningen i Trelleborg är på ca 360 GWh (år 2011, se kap 4.1). Om man grovt antar att Trelleborgs fordonssflotta byts ut med 1/10 varje år skulle det ta nästan 2,5 år att komma upp i 84 GWh biogaskonsumtion (d v s motsvarande alla tillgängliga restprodukter i Trelleborg) förutsatt att *alla* nya fordon är gasfordon och att dessa drivs av 100 % biogas. För att på sikt uppnå en konstant biogaskonsumtion på 84 GWh per år måste genomsnittligt ca 25 % (d v s en mycket kraftig ökning) av nybilsförsäljningen alltid vara gasbilar och bilarna måste köras på 100 % biogas.

7.7 Sammanfattning av genomgången

Möjligheterna att uppnå det klimatoptimala scenariot för Trelleborgs kommun där biogas produceras från samtliga tillgängliga restprodukter och används som drivmedel försvåras av dagens låga försäljning av gasbilar. Eventuellt behövs effektivare politiska styrmedel för att användningen i Trelleborg ska öka till nivåer motsvarande de tillgängliga restprodukterna.

Ett stort hinder för att de tillgängliga restprodukterna ska gå till biogasproduktion är att marknaden idag kännetecknas av problem med lönsamheten. Med tanke på att biogasens försäljningspris ofta ligger nära produktionskostnaden är de ekonomiska marginalerna generellt små. Att även kostnaden att köra på biogas idag är högre än för flera fossila drivmedel visar att det finns tydliga marknadsmässiga svårigheter att öka försäljningen. Lönsamheten för biogasproduktion och -försäljning kan förändras med tiden genom teknisk utveckling och med effektivare styrmedel. Lönsamheten för biogasproduktion beror till stor del på produktionens skala och för biogas till drivmedel är det en klar fördel med storskalighet. Vid eventuell produktion av biogas till drivmedel baserat på Trelleborgs

restprodukter bör det därmed förmodligen vara ekonomiskt lämpligt att denna sker i en eller flera större samrättningsanläggningar.

Trelleborgs kommun har möjligheten att stödja forskning, driva utbyggnad av gasnät och tankstationer samt öka användningen av biogas som drivmedel inom den egna verksamheten. Vid kommunal användning av biogas även för värme kan efterfrågan på biogas höjas motsvarande en storskalig samrättningsanläggning. Detta skulle kunna vara en initial strategi för att stimulera marknaden snabbt och målet kan vara att biogasen i ett senare led ska användas som drivmedel och att andra klimatnyttiga alternativ för värme ska användas istället för biogas.

8. Diskussion och rekommendationer om fortsatt arbete

I denna studie har den klimatoptimala användningen av biogas i Trelleborgs kommun utretts. De slutsatser som dragits gäller för förutsättningar och antaganden vid användning i Trelleborg. Klimatoptimal biogasanvändning skulle kunna vara annorlunda för en annan kommun, i Sverige eller i andra länder. Vid andra produktionssystem kan klimatpåverkan från de icke-fossila alternativen vara annorlunda och ge andra slutsatser. Denna studie bör därför endast tillämpas för andra geografiska områden om förutsättningar kring exempelvis råvarutillförsel för bränsleproduktion och referensbränslen att ersätta inom området är liknande de i Trelleborg.

Man bör alltså inte, baserat på den här studien, anta att biogas alltid är det klimatmässigt bästa drivmedlet, men studiens resultat och slutsatser gäller för produktionssystem som är etablerade idag. Produktionssystemens utformning spelar stor roll - vilket visade sig i de utökade känslighetsanalyserna, bl a genom att etanol från halm gav en klart högre utsläppsreduktion än i huvudresultaten, då grödor antogs som råvara. Denna känslighetsanalys visar att etanol skulle kunna vara ett likvärdigt drivmedelsalternativ till biogas vid en ökad användning av restprodukter i etanolproduktionen.

De antaganden som gjorts till studien studiens huvudresultat gäller generellt *dagens teknik*. Verkningsgrader i fordon, där 40 % är antaget för alla bränslen vid användning i vanliga förbränningsfordon (inte elhybrid-) kan dock för vissa alternativ anses vara framtidsantaganden. Detta är relativt *högt räknat* sett till dagens teknik för vissa bränslen (se bilaga H för resonemang kring valet av antagna verkningsgrader). Eftersom det inte heller finns elhybridfordon för förnybara drivmedel på den svenska marknaden kan också verkningsgraderna för dessa räknas som framtidsantaganden. Denna studie bedömer den klimatoptimala användningen av biogas som kommer kunna produceras först inom en viss framtid. Eftersom den eventuella produktionen kommer i drift tidigast om några år hade det varit fördelaktigt för studien att kunna göra antaganden anpassade efter att teknisk utveckling kommer ha skett till dess. Eftersom det dock varken går att förutspå när den eventuella biogasproduktionen (eller delar av den) kommer i drift eller hur tekniken har utvecklats till dess utgår studien (med visst undantag för fordonens verkningsgrader) från dagens teknik.

Denna studies resultat förutsätter att vissa ”praktiska” antaganden för energianvändningen efterföljs. För t ex elenergisystemen ska användningen ske just hos en elkund med fossilfritt elavtal, och resultaten för transport med el är därmed framtagna utifrån att fordonet alltid laddas hos en sådan kund. I praktiken kan det vara svårt att alltid ladda elfordonet hos en elkund med fossilfritt avtal (exempelvis vid längre resor). Motsvarande situation gäller för t ex biogas, där gasfordonen kan komma att tankas på olika ställen, vilket kan innebära att biogasen har annan klimatpåverkan än vad som anges här. Detta gäller även för etanol och RME. Så länge tankning respektive laddning av fordonen *i huvudsak* sker enligt studiens antaganden bör dock de klimatmässiga slutsatserna fortsatt gälla. Inom värme (uppv.) och processvärme sker energianvändningen alltid på samma ställe, vilket innebär att denna typ av felkällor är försumbara inom värme.

I studien hade *fler* icke-fossila alternativ kunnat undersökas. Eftersom det finns många alternativ som är teoretiskt möjliga men inte särskilt aktuella i dagsläget har studien dock avgränsats till de som ansetts mest aktuella. Det kan finnas ett värde i att undersöka andra i dagsläget mindre aktuella drivmedel såsom metanol och dimetyleter, för att se om något av dem uppnår klimatnytta likvärdig biogas. Ytterligare tänkbara alternativ inom värme är exempelvis olika kombisystem med solfångare (t ex solfångare+pellets eller solfångare+fossilfri el). För denna studies slutsatser behövs dock ingen undersökning av ytterligare alternativ inom värme eftersom det redan står klart att det finns flera klimatmässigt likvärdiga eller t o m bättre alternativ till biogas.

Under arbetet med studien har vissa förslag till nya studier som vore av stort intresse uppkommit. De föreslagna studierna kan bl a bidra med fakta och resultat som eftersökts men inte kunnat finnas under arbetets gång. En del av förslagen utgör också en eventuell fortsättning på denna studie, och behandlar bl a ytterligare de ekonomiska aspekterna vid biogasproduktion till drivmedel i Trelleborg. I tabell 10 listas och kommenteras dessa förslag.

Tabell 10 Förslag och kommentarer till nya användbara studier.

Förslag till studie	Kommentar
Potentialutredning av biogas från alger vid kusten i Trelleborgs kommun	En sådan studie är av intresse både för att bedöma den totala biogaspotentialen i Trelleborg och hur stor del av råvarumixen för biogas i Trelleborg som alger kan utgöra.
Livscykelanalys av biogas från insamlade alger	En sådan livscykelanalys kan visa klimatpåverkan från eventuell produktion i Trelleborg. Ingen livscykelanalys av denna typ av biogasproduktion har hittats under litteraturstudien.
Svenska livscykelanalyser av etanol från restprodukter	Etanol från restprodukter kan ha betydligt lägre klimatpåverkan än etanol från grödor, vilket bör undersökas ytterligare. Endast ett begränsat svenskt material om klimatpåverkan av etanol från restprodukter har hittats under litteraturstudien.
Livscykelanalys av biogas från grödor med utnyttjande av s k mellangrödor	I projektet Jordberga Biogas planeras ett system för utnyttjande av s k mellangrödor, vilket kan förändra klimatpåverkan av biogas från grödor. En livscykelanalys av sådana produktionssystem kan därför vara lämpligt.
Utredning av kostnader och lönsamhet för biogasproduktion till drivmedel från restprodukter i Trelleborgs kommun	Biogasproduktion för drivmedel bör ekonomiskt sett ske storskaligt i samrötningsanläggningar. Det behövs idag noggrann planering och kalkylering för att göra en sådan produktion lönsam. I Trelleborg finns tillräckligt med restprodukter för ett par storskaliga biogasanläggningar, och ur klimatsynpunkt bör denna produktion komma i drift.
Studier som denna gällande andra kommuner	Genom att göra lokalt anpassade klimatutredningar kan antaganden grundas på lokala förutsättningar, och därmed undviks generella antaganden. Eftersom produktionssystemen för icke-fossila alternativ och den nuvarande energiförbrukningen kan variera beroende på det geografiska området kan slutsatserna variera från område till område. Därför finns det värde i att göra studier som denna gällande även andra kommuner.

Referenslista

Ahlgren S, Börjesson P, *Indirekt förändrad markanvändning och biodrivmedel- en kunskapsöversikt*, rapport nr 73, Lunds Tekniska Högskola, Lund, 2011.

Automotorsport, "Snabbladdning kan döda elbilsbatterier", *Automotorsport* 9-2010, 2010, hämtad 2014-09-16 från:

<http://www.automotorsport.se/artiklar/nyheter/20100617/quotSnabbladdning-kan-doda-elbilsbatterierquot>

Auto, motor und sport, Viele halten ein ganzes Autoleben, *Auto, motor und sport* 15-2013, 2013-07-11, 2013

Bauer C, *Holzenergie*, ecoinvent report No. 6-IX, Paul Scherrer Institute, Villigen, 2007.

Berglund M, Börjesson P, *Energianalys av biogassystem*, rapport nr 44, Lunds Tekniska Högskola, Lund, 2003

Bernesson S, *Life cycle assessment of rapeseed oil, Rape methyl ester and ethanol as fuels - a comparison between large- and small-scale production*, rapport 2004:01, SLU, Uppsala, 2004

Biogas Syd, Information om Jordbergaprojektet, *Biogas Syd*, 2014, info hämtad under våren 2014 från www.biogassyd.se/download/18.../Information_Jordbergaprojektet.pdf, webbsidan inte tillgänglig i dags dato (2014-11-14)

Biogassys, BIOGAS SKÅNE - hållbart system för framställning och användning av biogas, *Biogassys*, 2013-01-09, 2013, hämtad 2014-09-16 från:
<http://www.biogassyd.se/187/biogassys/biogassys/om-biogassys.html>

Björk S, Fortsatt utveckling i ett miljöperspektiv, *Trelleborgs allehanda* 22 april 2014

Björnsson L, Lantz M, Murto M, Davidsson Å, *Biogaspotential i Skåne*, 2011:22, Länsstyrelsen i Skåne län, Malmö, 2011

Blomhäll T, Kinamyten, *Tesla Club Sweden*, 2014, 2014-03-31, hämtad 2014-09-16 från
<http://teslclubsweden.se/kinamyten/>

Brandt P, Framtidsdieseln, *Automotorsport Eco* 1-2008, 2008

Börjesson P, Berglund M, *Miljöanalys av biogassystem*, rapport nr 45, Lunds Tekniska Högskola, Lund, 2003

Börjesson P, *Fin- eller fuletanol - vad avgör?*, rapport nr 65, Lunds Tekniska Högskola, Lund, 2008

Börjesson P, Tufvesson L, Lantz M, *Livscykelanalys av svenska biodrivmedel*, rapport nr 70, Lunds Tekniska Högskola, Lund, 2010

Börjesson P, Lantz M, *Kostnader och potential för biogas i Sverige*, reviderad version, maj 2010, Lunds Tekniska Högskola, Lund, 2010

Börjesson P, Miljö- och energisystem, LTH, Lunds Universitet, personlig kommunikation, våren 2014

Cederborg M, Heumann Bauer M, *Utvärdering av den svenska gasmarknadsmodellen*, examensarbete, Kungliga Tekniska Högskolan, Stockholm, 2013

Dalakraf, Hur mycket el drar en elbil?, *Dalakraf*, 2014, hämtad 2014-09-16 från: <https://www.dalakraf.se/fag/hur-mycket-el-drar-en-elbil>

Edwards R, Larivé J-F, Rickeard D, Weindorf W, *Well-to-wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context*, report version 4.0, Report EUR 26028 EN, Joint research centre of the European Commission, Ispra, 2013.

Ekonomifakta, Konsumtionsskatter på bensin, *Ekonomifakta*, 2014, 2014-03-04, hämtad 2014-09-16 från: <http://www.ekonomifakta.se/sv/Fakta/Energi/Styrmedel/Konsumtionsskatter-pa-bensin/>

Elbilsupphandling, Vanliga frågor, *Elbilsupphandling*, 2014, hämtad 2014-09-17 från: <http://www.elbilsupphandling.se/vanliga-fragor/>

ELFIR och SWEFA, Remissvar ”Inriktningsunderlag inför den långsiktiga infrastrukturplaneringen 2010-2019”, N2007/6036/IR, *ELFIR* och *SWEFA*, 2007

Elways, Driftskostnad, *Elways*, 2011, hämtad 2014-09-16 från: <http://elways.se/driftskostnad/>

Enerdata, Decrease of Japanese power consumption to adapt to the fading nuclear activity, *Enerdata*, 2012-03-29, 2012, hämtad 2014-09-16 från: <http://www.enerdata.net/enerdatauk/press-and-publication/energy-features/post-fukushima-japanese-electricity-consumption.php>

Energimarknadsinspektionen, *Sveriges el- och naturgasmarknad 2012*, Ei R2013:10, Energimarknadsinspektionen, Elanders Sverige AB, Eskilstuna, 2013

Energimyndigheten, *Förslag till en sektorsövergripande biogasstrategi*, ER 2010:23, Statens energimyndighet, Eskilstuna, 2010

Energimyndigheten, *Produktion och användning av biogas 2010*, ES 2011:07, Statens energimyndighet, Eskilstuna, 2011

Energimyndigheten, *Hållbara biodrivmedel och flytande biobränslen under 2011*, ET 2012:12, Statens energimyndighet, Eskilstuna, 2012

Energimyndigheten, *Produktion och användning av biogas 2012*, Statens energimyndighet, Eskilstuna, 2013

Energimyndigheten, *Energiläget 2013*, ET 2013:22, Statens energimyndighet, Eskilstuna, 2013b,

Energimyndigheten, *Hållbara biodrivmedel och flytande biobränslen under 2012*, ET 2013:06, Statens energimyndighet, Eskilstuna, 2013c

Energimyndigheten, *Oljeleveranser – kommunvis redovisning 2011*, (bakgrundsrapport till SCB, 2013), EN 13 SM 1201, Statens energimyndighet, Eskilstuna, 2013d

Energirådgivaren, *Elförbrukning i en genomsnittlig villa respektive lägenhet*, *Energirådgivaren*, 2011-09-30, 2011, hämtad 2014-09-16 från: <http://www.energiradgivaren.se/2011/09/elforbrukning-i-en-genomsnittlig-villa-respektive-lagenhet/>

Energiteknik, *Energiteknik 1 – verkningsgrad och energiinnehåll (ursprungskällorna ej tillgängliga)*, *Brogårdsgymnasiet*, 2014 (hämtad), hämtad 2014-09-16 från: http://www.google.se/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&sqi=2&ved=0CCwQFjAA&url=http%3A%2F%2Fweb.kristinehamn.se%2Fskola%2Fanders%2Fenergiteknik%2Fenergiteknik_verkningsgrad.doc&ei=R31rU_HAI6HMygO424GYCg&usq=AFQjCNGrLIFt6_XTzkYWuUHDoE1o5GB-1w&sig2=tyVPk8z1y1xOidNEq3eIEw&bvm=bv.66330100,d.bGQ

Energiutskottet, *Sveriges elpriser - en analys av den nordiska elmarknaden*, Kungliga vetenskapsakademien, Stockholm, 2013

Environmental systems, *Mer gas, mindre slam och mindre skum?*, *Environmental systems*, 2006, hämtad 2014-09-16 från: http://www.envisys.se/lund_dok/14AMS.pdf

Eon, *Biogasanläggning byggs på Jordberga*, *My news desk*, 2012-05-25, 2012, hämtad 2014-09-16 från: <http://www.mynewsdesk.com/se/eon/pressreleases/biogasanlaeggning-byggs-paa-jordberga-765210>

Eon, *Leveransuppgifter gällande biogas och naturgas till området Trelleborgs kommun, personligt erhållna uppgifter, våren 2014.*

Eon, *Hur ska du värma upp din villa?*, *Eon*, 2014b, 2014-08-22, hämtad 2014-09-16 från: <http://www.eon.se/privatkund/Energieffektivisering/energiradgivning/uppvarmning/rad-vid-val-av-varmesystem/>

Eon, *Var kommer elen ifrån?*, *Eon*, 2014c, hämtad våren 2014 från: <http://www.eon.se/privatkund/Produkter-och-priser/Elavtal/Miljoval/Ursprungsmarkning---Ny/>

Eon, *Hållbarhetsredovisning för Eon, Norden 2013*, Eon, 2014d

ePURE, *European renewable ethanol supports responsible land use*, *European renewable ethanol*, 2014, hämtad 2014-09-16 från: <http://www.epure.org/ethanol-for-fuel/benefits/european-renewable-ethanol-supports-responsible-land-use>

Esping T, *Nytt stöd till sydsvenska djurbönder*, *ATL, Lantbrukets affärstidning*, 2013, 2013-09-13

European Commission, *Advanced fossil power generation*, *SETIS, European Commission*, 2014, hämtad 2014-09-16 från: <http://setis.ec.europa.eu/technologies/Advanced-fossil-fuel-production/info>

Forgie V, Andrew R, *Life Cycle Assessment of Using Straw to Produce Industrial Energy in New Zealand*, Landcare research och New Zealand centre for ecological economics, 2008

Fortum, Var kommer elen ifrån, *Fortum*, 2014, hämtad våren 2014 från: <http://www.fortum.com/countries/se/privat/el/miljoval/ursprungsmarkning/pages/default.aspx>

Forum Sveaskog, Skogen ger mest biobränsle, *Forum Sveaskog 1-2012*, 2012

Frederiksen S, Werner S, *District heating and cooling*, Studentlitteratur, Lund, 2013

US Energy Information Administration, *Electric Power Annual 2012*, US Energy Information Administration, 2013-12-11, Washington, 2013

Gustafsson M, *Från raff till rengöring*, Kemilärarnas resurscentrum, 2000

Hill N, Life-Cycle Assessment for Hybrid and Electric Vehicles (presentationsfil), *RICARDO-AEA*, 2013-07-11, 2013, hämtad 2014-09-16 från: <http://www.ricardo-aea.com/cms/assets/Documents-for-Insight-pages/Transport/08.-LowCVP-conference.pdf>

Konkurrensverket, *Marknadsandelar och elhandelsmarginaler för E.ON, Fortum och Vattenfall*, Konkurrensverket, BAKGRUNDS-PM Dnr 408/2006, 2007

Lantz M, *Biogas in Sweden Opportunities and challenges from a systems perspective*, doktorsavhandling, Lunds Tekniska Högskola, Lund, 2013.

Legnerfält E, Andersson H, Nya regler i konkurrenslagen kan förhindra statliga och kommunala bolag att konkurrera med privata aktörer - kommentarer kring konfliktlösning vid offentlig säljverksamhet, *Svensk juristtidning 1-2010*, 2010

Linné M, Ekstrandh A, Englesson R, Persson E, Björnsson L, Lantz M, *Den svenska biogaspotentialen från inhemska restprodukter*, Lund, 2008

Ljung A, 2014, Uppgifter kring i vilka transporter som Trelleborgs kommun har möjligheten att direkt påverka drivmedelsanvändningen, Trelleborgs kommun, Personligt erhållen information våren 2014.

Ljung A, Gradin M, *Biogas i Trelleborg - en inventering på kommunnivå samt underlag för lokal kommunal handlingsplan*, Trelleborgs kommun, Trelleborg, 2013, 2013-05-21

Miljöfordon, hemsida, *Miljöfordon*, 2014, hämtad våren 2014 från <http://www.miljofordon.se/>

Miljöfordon, Så fungerar en elhybrid, *Miljöfordon*, 2014-01-21, 2014b, hämtad 2014-09-17 från: <http://www.miljofordon.se/fordon/sa-fungerar-elhybrid>

Moomaw, W., P. Burgherr, G. Heath, M. Lenzen, J. Nyboer, A. Verbruggen, *Annex II: Methodology. In IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation* [O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, K. Seyboth, P. Matschoss, S. Kadner, T. Zwickel, P. Eickemeier, G. Hansen, S. Schlömer, C. von Stechow (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2011

Murray J, Diesel bästa bränslet, *JMF* (6:e artikel år 2008), 2008-06-18, 2008, hämtad 2014-09-17 från: http://www.jmf.se/Artiklar/Basta_bransle.htm

Naturvårdsverket, Sverige utan nettoutsläpp av växthusgaser 2050, *Naturvårdsverket*, 2014-05-30, 2014, hämtad 2014-09-15 från: <http://www.naturvardsverket.se/fardplan2050>

Noréus D, Lindström J, ”Rena elbilar inte bästa alternativet för miljön”, (DN Debatt) *Dagens nyheter*, 9 november 2012

NSR, Biologisk behandling, *NSR*, 2014, hämtad 2014-09-16 från: <http://www.nsr.se/Default.aspx?ID=864>

Ou X, Zhang X, Zhang X, Zhang Q, *Life Cycle GHG of NG-Based Fuel and Electric Vehicle in China*, *Energies* 2013, 6, Institute of Energy, Environment and Economy, Tsinghua University, Beijing och China Automotive Energy Research Center, Tsinghua University, Beijing, Beijing, 2013

Palm D, Ek M, *Livscykelanalys av biogas från avloppsreningsverksslamm*, Rapport SGC 219, Svenskt Gastekniskt Centrum, 2010

Preem, Vår nya tankbil, *Preem*, 2014, hämtad 2014-09-17 från: https://www.preem.se/templates/ProductInformation_____2024.aspx

Regeringen, *Regeringens proposition 2008/09:21, Kommunala kompetensfrågor m.m.*, Regeringen, Stockholm, 2008

Region Skåne, *Färdplan, Skåne - den ledande biogasregionen 2020, version 2*, Region Skåne, Kristianstad, 2010

Regionservice, Sammanställning av Trelleborgs lasarets energianvändning 2011, personligt erhållit dokument våren 2014.

Samuelsson A, *Miljökonsekvenser av biogasutvinning ur ekologiska vallgrödor*, 2004: MV07, examensarbete Högskolan Trollhättan Uddevalla, Trollhättan, 2004

Satz L, De gör mångsidig gummiväv, *Sydsvenskan* 22 juli 2013

SCB, Energidata (MWh) efter län och kommun, kategori samt energityp. År 1990 – 2008, *Statistiska centralbyrån*, 2010

SCB, Slut användning (MWh), efter län och kommun, förbrukarkategori samt bränsletyp, år 2011, *Statistiska centralbyrån*, 2013

SCB, Lägenheter i det kalkylerade bostadsbeståndet, *Statistiska centralbyrån*, 2014

Sempler K, Så höga är förlusterna i elnäten, *Ny teknik* 18 november 2009

Skogsstyrelsen, Skånes distrikt, *Skogsstyrelsen*, 2014, hämtad 2014-09-16 från: <http://www.skogsstyrelsen.se/skane>

Skyttorps mek & bioenergi, Pelletsbrännare, *Skyttorps mek och bioenergi*, 2014, hämtad 2014-09-16 från: <http://www.skyttorpsbioenergi.se/pelletsbrannare.html>

Lundgren T, Stage J, Tangerås T, Carlén B, *Energimarknaden, ägandet och klimatet*, ISBN 978-91-86949-41-9, Studieförbundet Näringsliv och Samhälle, SNS Förlag, Stockholm, 2013

SP, Heat Pump Centre Newsletter, 2012-06-13, *SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut*, 2012

Strömman A H, Hawkins T R, Singh B, Majeau-Bettez G, *Comparative Environmental Life Cycle Assessment of Conventional and Electric Vehicles*, Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Trondheim, 2012

Strömman A H, Ellingsen A-W L, Majeau-Bettez G, Singh B, Srivastava A K, Valöen L O, *Life Cycle Assessment of a Lithium-Ion Battery Vehicle Pack*, Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Trondheim, 2013

Svebio, hemsida, *Svenska bioenergiföreningen*, 2014, hämtad våren 2014 från: <http://www.svebio.se/>

Svebio, Fel att höja skatten på biodiesel, *Svenska bioenergiföreningen*, 2014, hämtad 2014-11-17 från: <http://www.svebio.se/english/node/4412>

Svensk fjärrvärme, Så funkar fjärrvärme, *Svensk fjärrvärme*, 2014, hämtad 2014-09-16 från: <http://www.svenskfjarrvarme.se/fjarrvarme/sa-funkar-fjarrvarme/>

Svensk fjärrvärme, Frågor och svar om fjärrvärme, *Svensk fjärrvärme*, 2014b, hämtad 2014-09-16 från: <http://web2.fjarrvarme.se/vanliga-fragor/ar-det-inte-stora-varmeforluster-i-fjarrvarmeledningarna/>

Svenska stadsnätetsföreningen, *Frågemall för stadsnäten som hjälp i inventering med anledning av konfliktslösningsreglen*, 2010-02-24, Svenska stadsnätetsföreningen, 2010

Svenskt gastekniskt centrum, *Basdata om biogas*, Svenskt gastekniskt centrum, 2011

Swedish Biogas, Våra anläggningar, *Swedish Biogas*, 2014, hämtad 2014-09-16 från: <http://www.swedishbiogas.com/index.php/sv/referensanlaeggningar>

Tesla Motors Inc, The 21st Century Electric Car, *Tesla Motors Inc*, 2006-10-06, 2006, hämtad 2014-09-16 från: <http://web.stanford.edu/group/greendorm/participate/cee124/TeslaReading.pdf>

Trafikverket, *Index över nya bilars klimatpåverkan 2013*, 2014:086, Trafikverket, Borlänge, 2014

Trelleborgs fjärrvärme, Uppgifter kring insatta bränslen i fjärrvärmeproduktionen 2013, personligt erhållna uppgifter våren 2014

Trelleborgshem, *Årsredovisning 2011*, Trelleborgshem, Trelleborg, 2012

Trelleborgs kommun, *Strategi för energieffektivisering*, Trelleborgs kommun, Trelleborg, 2011-11-04, 2011

Trelleborgs kommun, *Energianvändningsrapport till Energimyndigheten*, 2012, personligt erhållet dokument våren 2014.

Trelleborgs kommun, *Fortsatt satsning på biogas*, *Trelleborgs kommun*, 2013-09-06, 2013, hämtad 2014-09-16 från:
<http://www.trelleborg.se/sv/aktuellt/nyheter/2013/september/fortsatt-satsning-pa-biogas/>

Trelleborgs kommun, *Färdtjänst - den särskilda kollektivtrafiken*, *Trelleborgs kommun*, 2014, hämtad 2014-09-16 från: <http://www.trelleborg.se/sv/omsorg-hjalp/fardtjanst/>

TT Boilers, *Elektrisk ångpanna*, *TT Boilers*, 2014, hämtad 2014-09-16 från:
http://ttboilers.dk/elektrisk_aangpanna.htm

Vattenfall, *Livscykelanalys – Vattenfalls elproduktion i Norden*, Vattenfall, 2012

Vattenfall, *Elens ursprung och miljöpåverkan*, *Vattenfall*, 2014, hämtad: 2014-10-19 från:
<http://www.vattenfall.se/sv/elens-ursprung.htm>

Volvo, *Dieselmotorns historia*, *Volvo Group Sverige*, 2014, hämtad 2014-09-17 från:
http://www.volvogroup.com/group/sweden/sv-se/sustainability/envdev/alt_drivelines/new_diesels/pages/dieselmotorns_historia.aspx

Gode J, Martinsson F, Hagberg L, Öman A, Höglund J, Palm D, *Miljöfaktaboken 2011*, ANLÄGGNINGS- OCH FÖRBRÄNNINGSTEKNIK 1183, Värmeforsk, Värmeteknisk forskning och utveckling, Stockholm, 2011

Åstrand M, *Anta utmaningen 100 % fossilbränslefritt Skåne*, Trelleborgs kommun, KS2013/286, 2013, Trelleborg, 2013

Bilagor

Bilaga A Statistik över den fossila bränsleanvändningen i Trelleborgs kommun

För att kunna utföra de klimatomrässiga beräkningarna har en statistik över den nuvarande användningen av fossila bränslen i området Trelleborgs kommun sammanställts.

Statistiken bygger till stor del på Energimyndighetens kommunala energistatistik, som finns tillgänglig via Statistiska centralbyrån (SCB, 2013, SCB, 2010). Statistiken gäller år 2011 eftersom detta års statistik från SCB (se tabell 11) var den nyaste som fanns tillgänglig när arbetet med sammanställningen inleddes. SCB:s statistik har bearbetats något, delvis eftersom att vissa värden inte varit korrekta utifrån andra, i sammanhanget, mer pålitliga källor, exempelvis kommunal energirapportering och leveransuppgifter direkt ifrån leverantörer. Mer kring detta i avsnittet A.1, Statistiken fossilbränsle för fossilbränsle nedan i bilagan. Bearbetning av SCB:s statistik har också behövts för att denna anger bränsleanvändningen på ett sammanslaget sätt ("icke-förnybart flytande", "icke-förnybart fast", "icke-förnybart gas"). Därför har en fördelning av de sammanslagna värdena gjorts (exempelvis, fördelning av "icke-förnybart flytande" till bensin, diesel, eldningsolja 1 och eldningsolja>1). I A.1, Statistiken fossilbränsle för fossilbränsle nedan beskrivs hur fördelningarna har gjorts. Den bearbetade statistiken är redovisad i tabell 12 och gäller fossilbränsleanvändningen i hela kommunen som område. I tabell 13 redovisas den fossila bränsleanvändningen inom kommunen som organisation (inklusive bostadsbolaget Trelleborgshem). Statistiken skall ses som approximativ eftersom det finns osäkerhetskällor i de bakomliggande undersökningarna.

I statistiken ingår, förutom slutanvändning av fossila bränslen, även insatser av fossila bränslen för den el och fjärrvärme som förbrukas i kommunen. Eftersom fjärrvärmeproduktionen är lokal och endast distribueras via en leverantör (Trelleborgs fjärrvärme AB) är dessa siffror säkrare, medan siffrorna för el är mer av "schablonvärden" utifrån snittliga svenska förhållanden.

SCB:s energianvändningsstatistik för Trelleborgs kommun år 2011

Tabell 11 Nedan är "grundmaterialet" till denna studies statistik, SCB:s energianvändningsstatistik (inklusive förnybart) för Trelleborgs kommun år 2011 (MWh). Värden inom parantes är denna studies justerade värden (se fotnoter). Justeringar har endast gjorts för de icke-förnybara delarna eftersom endast dessa delar sammanställs här ihop med de fossila bränsleinsatserna för fjärrvärme och el.

	slutanv. jordbruk, skogsbruk, fiske	slutanv. industri, byggverks.	slutanv. offentlig verksamhet	slutanv. trans- porter	slutanv. övriga tjänster	slutanv. småhus	slutanv. Flerbostads- hus	slutanv. Fritids- hus	summa bränsletyp
flytande (icke förnybara)	29084	6460	3046 (5662) ⁴⁷	358281	3906 (5500) ⁴⁸	1426	2948	0	405151 (409261)
fast (icke förnybara)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
gas (icke förnybara)	0 (8336) ⁴⁹	28660 (41790) ⁴⁹	0 (9426) ⁵⁰	0 (3623) ⁴⁹	0 (63369) ⁴⁹	0 (11498) ⁴⁹	0 (38609) ⁵¹	0	28660 (176651)
flytande (förnybara)	1019	76	0	18968	0	0	0	0	20063
fast (förnybara)	0	0	0	0	0	42146	0	0	42146
gas (förnybara)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
fjärrvärme	0	1010	21000	0	0	4000	38300	0	64310
el	25457	88154	18527	1695	92317	164713	19131	12353	422347
summa förbruk- arkategori	55560	124360	42573	378943	96223	212286	60379	12353	982677 (1134778)

⁴⁷ Trelleborgs kommun (2012) påvisar att denna siffra ska vara minst 4616. Siffran har utifrån historik från SCB (2010) antagits till 5662 (Se A.1 nedan).

⁴⁸ Historik från SCB (2010) och Energimyndigheten (2013d) påvisar att denna siffra ska vara högre och har uppskattats till 5500.

⁴⁹ Leveranssuppgifter från Eon (2014) påvisar denna siffra.

⁵⁰ Trelleborgs kommun, 2012 påvisar denna siffra.

⁵¹ Energirådgivaren (2011) påvisar att naturgasförbrukningen ska vara 38609 MWh för att den totala energiförbrukningen inom kategorin ska överensstämma med riksgenomsnittliga värden (se A.1, Statistiken fossilbränsle för fossilbränsle nedan).

Denna studies statistik över den fossila bränsleanvändningen (bränsle för bränsle) i området Trelleborgs kommun år 2011

Tabell 12 Nedan visas hur de sammanslagna värdena i tabell 10 fördelats fossilbränsle för fossilbränsle (MWh, avrundade värden). Approximativa insatser av fossila bränslen till följd av el- och fjärrvärmeanvändningen (se A.1 nedan för resonemang kring dessa och övriga bränsleuppgifter) är angivet i 2:a och 3:e kolumnen från höger (för fjärrvärmen ytterst begränsade insatser).

	slutanv. jordbruk, skogsbruk, fiske	slutanv. industri, byggverks.	slutanv. offentlig verksamhet	slutanv. . Transporter	slutanv. övriga tjänster	slutanv. småhus	slutanv. flerbostads-hus	slutanv. . fritidshus	Insats till fjärrvärme	Insats till el	summa bränsle -typ
Bensin	0	0	0	163500	0	0	0	0	0	0	163500
Diesel	29000	2200	1000	194700	4000	500	0	0	0	0	231400
Eldningsolja 1	0	4300	4600	0	1500	900	2900	0	400	0	14600
Eldningsolja >1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1200	1200
Stenkol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1200	1200
Koks	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Naturgas	8300	41800	9400	3600	63400	11500	38600	0	0	16700	193300
Gasol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fossilt avfall	0	0	0	0	0	0	0	0	0	600	600
(Övrigt fossilt)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Denna studies statistik över den fossila bränsleanvändningen (bränsle för bränsle) gällande kommunen som organisation (inklusive Trelleborgshem) år 2011

Tabell 13 Nedan är statistik för endast Trelleborgs kommun som organisation (i MWh, avrundade värden).

	slutanv. jordbruk, skogsbruk, fiske	slutanv. industri, byggverks.	slutanv. offentlig verksamhet	slutanv. Transporter ⁵²	slutanv. övriga tjänster	slutanv. småhus	slutanv. Flerbostadshus ⁵³	slutanv. Fritidshus	Insats till fjärrvärme	Insats till el ⁵⁴	summa bränsletyp
Bensin	0	0	0	1500	0	0	0	0	0	0	1500
Diesel	0	0	1000	1000	0	0	0	0	0	0	2000
Eldningsolja 1	0	0	4600	0	0	0	0	0	100 (400) ⁵⁵	0	4700
Eldningsolja >1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stenkol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Koks	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Naturgas	0	0	9400	100	0	0	20900	0	0	0	30400
Gasol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fossilt avfall	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(Övrigt)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

⁵² Siffrorna för transporter är hämtade ur kommunens rapport *Strategi för energieffektivisering* (Trelleborgs kommun, 2011).

⁵³ Siffrorna för Flerbostadshus är hämtade ur *Årsredovisning 2011* av Trelleborgshem AB (Trelleborgshem, 2012).

⁵⁴ Kommunen har ett fossilfritt elavtal vilket medför att fossila insatser till denna elproduktion är satt till 0.

⁵⁵ Första siffran är baserad på vilken andel av den producerade fjärrvärmens som förbrukas inom kommunorganisationen. Den totala mängden är också angiven inom parentes eftersom det är det kommunägda Trelleborgs Fjärrvärme AB som driver produktionen.

A.1 Statistiken fossilbränsle för fossilbränsle

Till denna sammanställning har bakomliggande studier till SCB:s statistik varit till hjälp, framförallt för fördelningen inom transporter där ”ickeförnybart flytande” har fördelats på bensin och diesel. SCB:s uppgifter baseras på att levererad mängd fossilt drivmedel till tankställen i kommunen är samma som användningen i kommunen. Uppgifterna kommer från Energimyndigheten (2013d) som anger leveranserna till tankställen i Trelleborgs kommun av diesel och sk motorbensin (d v s inklusive etanolinblandning). Efter frånräkning av etanolinblandning kunde leveransen av ren bensin fås fram. Eftersom bensin bara används till transporter (historiskt sett enligt SCB (2010)) lades hela bensinleveransen på detta. Resten av det fossila transportbränslet var därmed diesel. Siffran för naturgas till transporter fastställdes genom kontakt med kommunens gasleverantör, Eon, som meddelade sina leveranser av naturgasinblandning i fordonsgasen till deras tankställen i kommunen.

Eftersom SCB:s statistik fram t o m 2008 (SCB, 2010) var redovisad bränsle för bränsle (och inte med sammanslagningar såsom 2011) kunde man i vissa fall göra approximativa fördelningar med hjälp av historiska trender. Via historiken i SCB (2010) kunde man se att slutanvändningen av eldningsolja >1 sjunkit stadigt mot 0 fram t o m 2008 och enligt trenden bör ha varit nere på 0, eller åtminstone försumbar i förhållande till annan bränsleanvändning, år 2011. Därför sattes denna användning till 0. Eldningsolja >1 antas dock användas i små mängder till den oljeproducerade delen i elförbrukningen (se mer om detta längre ner i denna bilaga). Via historiken i SCB (2010) kunde man också se att gasol inte har använts på länge och detta antogs även för år 2011. De historiska trenderna var det som i huvudsak styrde hur fördelningarna gjordes av icke-förnybart flytande inom jordbruk/skogsbruk/fiske, industri/bygg, övriga tjänster, småhus och flerbostadshus.

Naturgasanvändningen inom industri- och byggkategorin fastställdes via leveransuppgift för 2011 från Eon (Eon, 2014). Denna siffra var högre än vad SCB (2013) angett för icke-förnybart gas för industri och bygg, och här ansågs Eon vara en mer pålitlig källa än SCB:s statistik. För jordbruk/skogsbruk/fiske och för småhus erhöles naturgassiffrorna också från Eon.

För flerbostadshus har naturgasanvändningen uppskattats till 38609 MWh. Siffran har tagits fram utifrån energianvändningen för genomsnittslägenheter i Sverige enligt Energirådgivaren (2011). Det värde som angivits för total energi för flerbostadshus i Trelleborg 2011 i SCB:s statistik var klart lägre än vad som motsvarar det svenska genomsnittet. Trots ett något varmare klimat än genomsnittligt i riket antas här att total energianvändning per lägenhet i Trelleborg ska motsvara rikssnittet (och det görs inga ”normalårskorrigeringar” i denna studie). Trelleborg har 8249 bostäder i flerbostadshus (2012 års uppgift) (SCB, 2014). Enligt Energirådgivaren (2011) förbrukas ca 12 MWh total energi per år i en genomsnittlig lägenhet. Med SCB:s värde för total energi 2011 var det 7,3 MWh per lägenhet i Trelleborg. Om snittet på 12 MWh ska gälla i Trelleborg måste den totala energin ha varit 98988 MWh. Eftersom det endast saknas värde för naturgas för flerbostadshus i SCB:s statistik har 38609 MWh naturgas adderats för att uppnå 98988 MWh total energi. Med denna totala energi för flerbostadshus motsvarande rikssnittet är andelen el av den totala energin inom kategorin 19,3 %. Enligt Energirådgivaren (2011) står hushållsel för i snitt 20,8 % av energiförbrukningen i flerbostäder, vilket kan tyda på att statistiken blivit mer korrekt när naturgassiffran adderats.

Eftersom naturgasanvändningen härmed var fastställd i alla kategorier utom ”Övriga tjänster” hänfördes resten av Eons levererade mängd naturgas, d v s 63369 MWh, till denna kategori.

Offentlig verksamhet gäller endast energianvändningen av de delar i kommunal verksamhet som inte innefattas i övriga kategorier (energianvändningen för Trelleborgshems lägenheter, t ex, hör till kategorin flerbostadshus och inte offentlig verksamhet) och energianvändningen av Trelleborgs lasarett som tillhör landstinget, Region Skåne. Siffrorna för eldningsolja 1 och naturgas i den kommunala verksamheten har fastställts via kommunal energirapportering för 2011 till Energimyndigheten (Trelleborgs kommun, 2011). Energiredovisning från Lasarettet visar att de endast förbrukar el och fjärrvärme (2011) (Regionservice, 2014). Siffran för eldningsolja 1 i den kommunala rapporteringen översteg SCB:s siffra för icke-förnybart flytande och här ansågs kommunens siffra mer pålitlig. Även en viss dieselförbrukning i offentlig verksamhet var enligt historiken (SCB, 2010) trolig, vilket också gjorde att totalförbrukningen av diesel överensstämde ännu bättre med totalleveransen av diesel enligt Energimyndigheten (2013d).

Eldningsolja 1 var det enda fossila som användes i fjärrvärmeproduktionen under 2011 (reservbränsle) (Trelleborgs fjärrvärme, 2014). SCB har statistik över insatta bränslen i fjärrvärmeproduktionen i Trelleborg och siffran där för icke-förnybart flytande år 2011 gällde följaktligen eldningsolja 1. En viss justering av siffran har gjorts eftersom den totala fjärrvärmeproduktionen var för lågt angiven utifrån hur hög användningen var. Siffran har höjts proportionellt mot vad produktionen borde ha varit utifrån användningen. (Beräkningen har gjorts med antagande om 10 % förluster i fjärrvärmenäten.) Användningen av eldningsolja 1 i fjärrvärmeproduktionen är, som synes i tabell 11, mycket begränsad.

Eftersom Eon, Vattenfall och Fortum säljer den allra största delen av elen som förbrukas i Sverige utgår den här studien ifrån ursprungsmärkningen för dessa tre bolags svenska elavtal för att beräkna fossila insatser på elanvändningen. Ursprunget för såld el i Sverige av Vattenfall och Fortum är till 100 % fossilfritt, dvs de har endast fossilfria avtal för svenska elkunder (Vattenfall, 2014, Fortum, 2014). Eon erbjuder både fossilfritt avtal och ”vanligt avtal” och redovisar på sin hemsida ursprunget för sin genomsnittliga sålda el i Sverige (Eon, 2014c). Utav Eons, Vattenfalls och Fortums sålda el i Sverige säljer Eon 23 % av denna och 17 % av Eons sålda el har fossilt (inkl torv) ursprung (Konkurrensverket, 2007; Eon, 2014c). Utifrån detta har en approximativ mängd använd el i Trelleborg med fossilt ursprung beräknats. För att fördela denna mängd fossil el på insatser av fossila bränslen användes Eons statistik över bränslen i deras elproduktion 2011 (Eon, 2014d). 91 % av den fossila elen producerades 2011 av naturgas och resten av ”övrigt fossilt”. På de små mängderna antogs ”schablonmässigt” att lika delar av ”övrigt fossilt” kom från fossilt avfall, från olja och från kol. Elverkningsgraden för olje- och kolkraftselen antogs vara 40 % (producerad i traditionellt kraftverk) och för naturgasen och det fossila avfallet 90 % (producerad i kraftvärmeverk). Utifrån dessa verkningsgrader räknades den använda fossila elen från respektive bränsle om till insatt bränsle i respektive produktion. Oljan antogs vara eldningsolja >1 eftersom stora kraftverk kan hantera eldningsoljor upp till eldningsolja 5 (Gustafsson, 2000).

För studien var det av särskild vikt att bestämma fördelningen av fossila bränslen inom transport, värme (uppv.) och processvärme (för att därigenom bestämma referensbränslena, se figur 2, 3 och 4 i kap 4.1). Fördelningen inom transport syns tydligt i tabell 11 (transport-kolumnen). Av den totala naturgasanvändningen antogs att naturgasen inom industri- och byggkategorin samt jordbrukskategorin var processvärme och att övrig naturgas förutom användningen i transport och insatser till el gick till värme (uppv.). Naturgasen inom jordbrukskategorin är förmodligen använd till växthusvärme (vilket här räknas som processvärme). Eldningsolja 1 är det andra fossila bränslet i Trelleborg som används inom

värme. Av den totala användningen av eldningsolja 1 antogs att användningen inom industri- och byggkategorin var processvärme och att övrig eldningsolja 1 gick till värme (uppv.).

Bilaga B Indata från livscykelanalyser och databaser

Här presenteras och kommenteras valet av de livscykelanalyser och databaser som har använts mest i studien. Detaljer kring utsläppsberäkningarna beskrivs i bilaga C-I.

För biogas, etanol och RME har utsläppsdata till huvudresultaten hämtats nästan uteslutande från *Livscykelanalys för svenska biodrivmedel* av Börjesson et al (2010). Eftersom den inte innehåller några resultat för biogas från betblast har utsläppsdata för detta hämtats från *Miljöanalys av biogassystem* av Börjesson och Berglund (2003). Beräkningarna i Börjesson och Berglund (2003) inkluderar både direkta och indirekta effekter, på det sätt som numera kallas *systemutvidgning* (Börjesson, 2014) vilket gör att beräkningsmetodiken där liknar den som använts i övrigt för biodrivmedlen. För etanol och RME har vissa avvägningar behövts i valet av utsläppsdata (Börjesson et al, 2010) eftersom större delen av den sålda etanolen och RME:n i Sverige kommer från utlandet, till skillnad från för biogas (Energimyndigheten, 2013c). Trots ursprunget för den generella etanolen och RME:n har alltså utsläppsdata från Börjesson et al (2010) för svenska förhållanden använts. Anledningen är främst att detta har möjliggjort en homogen beräkningsmetodik för biodrivmedlen, vilket i denna studie har prioriterats högre än biodrivmedlets ursprungsland.

Den livscykelanalys som har använts för elenergisystemen är *Livscykelanalys - Vattenfalls elproduktion i Norden* från 2012 över Vattenfalls egna elproduktionssätt. Dessa resultat gällande elproduktion i Norden har valts med hänsyn till att nästan all el som används i Sverige säljs på den nordiska elbörsen NordPool. Även om denna nordiska elmarknad integreras mer och mer med övriga Europa är dessa förbindelser begränsade idag på ett sätt som inte gäller de relativt väl utbyggda nordiska förbindelserna (Energiutskottet, 2013), vilket innebär att den icke-fossila el som säljs i Sverige i regel bör komma från Norden. För att undersöka hur resultaten kan variera vid något annat val av livscykelanalys har utsläppsdata från *Annex II: Methodology. In IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation* av Moomaw et al (2011) också använts, i de utökade känslighetsanalyserna.

För värmeproduktion av träbränslen har avvägningar liknande de för biodrivmedlen varit nödvändiga i valet av utsläppsdata. Utifrån att 87 % av det svenska biobränslet kommer från den svenska skogen (Forum Sveaskog, 2012) bör den skogsflis och pellets som används i Trelleborg generellt ha svenskt ursprung. En livscykelanalys för EcoInvent gällande schweiziska förhållanden, *Holzenergie* av Bauer (2007), redovisar resultat gällande värmeproduktion i olika skalor (vilket har en påverkan på livscykelutsläppen) och för olika typer av skogsflis. Den svenska utsläppsdata som har funnits under studien redovisar inte utsläppen på samma detaljerade sätt i olika systemvarianter och därför har utsläppsdata från Bauer (2007) använts till huvudresultaten för pellets och skogsflis, trots att ursprungslandet generellt bör vara Sverige. Med Bauers (2007) studie har resultat kunnat väljas exempelvis för storskalig värmeproduktion till fjärrvärmesystem och processvärmesystem och resultat för småskalig värmeproduktion för värme (uppv.). I de utökade känslighetsanalyserna (kap 5.3.2 och Bilaga K) har mer generell utsläppsdata ur *Miljöfaktaboken 2011* (Gode et al, 2011) för svensk värmeproduktion av träbränslen använts för att undersöka hur detta påverkar resultaten.

Bilaga C Biogas från restprodukter

Eftersom biogas från restprodukter undersöks både för värme och för drivmedel beskrivs här de delar av beräkningsmetodikerna som gäller oavsett användningsområde. I bilaga F och G beskrivs de beräkningar som är specifika för biogas för värme respektive biogas för drivmedel.

Utifrån att biogasen antas produceras lokalt är beräkningarna baserade på råvaror från kommunområdet. Ca 85 % av den *tillgängliga* biogaspotentialen utgörs av betblast och gödsel. Eftersom potentialen från betblast är ca 9 gånger högre än från gödsel bygger huvudresultaten till 90 % på produktion från betblast och till 10 % på produktion från gödsel. De andra restprodukterna utgör en så liten del av potentialen att de inte antas göra någon skillnad för den genomsnittliga klimatpåverkan.

För biogas från betblast bör några detaljer i beräkningen förklaras mer. Börjesson och Berglund (2003) anger att när denna typ av biogas ersätter eldningsolja 1 för uppvärmning i små pannor uppstår en utsläppsreduktion på ca 92 g CO₂-ekv/MJ värme. Livscykelutsläppet för oljan är angivet till 98 g CO₂-ekv/MJ värme vilket innebär att biogasen har utsläppet 6 g CO₂-ekv/MJ värme. Denna studie räknar därför med utsläppet 5,4 g CO₂-ekv/MJ biogas från betblast eftersom verkningsgraden för biogas i värmepannor antas vara 90 %.

I kapitel 4.6.1-4.6.3 syns att biogas från gödsel har negativt produktionsutsläpp i de utsläppsdata som använts. Detta beror på att indirekta effekter såsom minskad metanavgång från gödsellagring och ersättning av mineralgödsel med biogödsel ingår i beräkningarna när systemutvidgning tillämpas.

Bilaga D Biogas från grödor

Eftersom biogas från grödor också undersöks både för värme och för drivmedel beskrivs här de delar av beräkningsmetodikerna som gäller oavsett användningsområde. I bilaga F och G beskrivs de beräkningar som är specifika för biogas för värme respektive biogas för drivmedel.

Beräkningarna för biogas från grödor baseras på de huvudråvaror som tidigare varit planerade för Jordberga Biogas (enligt Biogas Syd (2014)), vilka var majs och sockerbeter. Till den första etappen av produktionen planerades användning av 1500 ha majs och 750 ha betor (i första hand lokalt producerade), vilket med omvandlingsfaktorer enligt Börjesson et al (2010) motsvarar ca 62 % biogasproduktion från majs och ca 38 % produktion från sockerbeter. Huvudresultaten för biogas från grödor baseras på denna fördelning. Börjessons et al (2010) resultat för biogas från grödor kan inte helt likställas med klimatpåverkan från Jordbergas produktion. Detta beror på att Jordberga Biogas planerar för ett produktionssystem med utnyttjande av s k *mellangrödor* (Biogas Syd, 2014), d v s snabbväxande grödor som sås efter skörd på hösten och ett sådant system kan förändra klimatpåverkan av biogas från grödor.

Bilaga E El

Eftersom även fossilfri el undersöks både för värme och för drivmedel beskrivs här de delar av beräkningsmetodikerna som gäller oavsett användningsområde. I bilaga F och G beskrivs de beräkningar som är specifika för elvärmesystemen respektive transporter med el.

Den el som handlas med avtal om fossilfritt ursprung antas ha samma klimatpåverkan som den genomsnittliga fossilfria elen i Sverige, d v s utifrån hur elen är fördelad mellan de icke-fossila kraftslagen i Sveriges elförsäljning. Vattenfall, Fortum och Eon svarade 2012 för 79 % av den totala elproduktionen i Sverige (Energimarknadsinspektionen, 2012). Utifrån detta antas Sveriges försäljning av fossilfri el vara fördelad på samma sätt som dessa tre bolags försäljning av fossilfri el. Marknadsandelarna till egna slutkunder är fördelat mellan dessa bolag så att Vattenfall har 61 %, Eon 23 % Eon och Fortum 16 % av elförsäljningen (2006) (Konkurrensverket, 2007). De tre bolagen redovisar ursprunget på sin fossilfria el fördelat mellan kärnkraft och förnybart (Vattenfall, 2014; Eon, 2014c, Fortum, 2014). Baserat på deras marknadsandelar har andelen kärnkraft i den fossilfria elen kunnat beräknas till 50,5 % vilket innebär att 49,5 % av den fossilfria elen är förnybar. Den förnybara delen har fördelats utifrån hur den förnybart producerade elen i Sverige är fördelad mellan kraftslagen enligt Energimyndigheten (2013b). Elmixen som gäller för fossilfri el har då fastställts till 50,5 % kärnkraft, 37,5 % vattenkraft, 7,2 % biobränsle och 4,8 % vindkraft.

Bilaga F Icke-fossila alternativ för värme (uppv.) och processvärme

F.1 Biogas för värme

Omvandling av resultaten för biogas från g CO₂-ekv/MJ biogas till g CO₂-ekv/MJ värme har krävts. Utifrån Börjesson et al (2010) räknar denna studie med ett utsläpp i slutanvändningen på 0,9 g CO₂-ekv/MJ biogas (gasläckaget antas vara samma som för gasfordon). Detta utsläpp har adderats till tillverkningsutsläppet och denna summa har sedan dividerats med antagen verkningsgrad som i basfallet är satt till 90 % (lokala gaspannor) (enligt Gode et al (2011)).

Huvudresultaten (kap 5.1-5.2) gäller för *uppgraderad* biogas för värme, och alltså biogas som tillsätts till det existerande naturgasnätet.

Utsläppsresultaten för biogas utan uppgradering (i de utökade känslighetsanalyserna, kap 5.3 och bilaga K) har tagits fram genom att de utsläpp som är en följd av uppgradering och trycksättning frånräknats utsläppen för hela biogasproduktionen. Detta har gjorts enligt *Livscykelanalys av biogas från avloppsreningsverksslam* (Palm och Ek, 2010), som redovisar utsläppen till följd av uppgradering och trycksättning av biogas. I rapporten räknas det, precis som i basfallet i Börjesson et al (2010), med att det sker metanutsläpp motsvarande 0,5 % av gasen under uppgraderingen. De totala utsläppen p g a uppgradering och trycksättning är i rapporten beräknade till 106 mg metan/MJ biogas och 719 mg CO₂/MJ biogas. Detta gör det totala utsläppet från uppgradering och trycksättning till ca 2945 mg CO₂-ekv/MJ biogas, vilket i denna studie avrundas till 3 g CO₂-ekv. Utsläppen för biogas utan uppgradering för värme är utifrån detta beräknat genom att 3 g CO₂-ekv har fråndragits produktionsutsläppet för den uppgraderade biogasen, vilket ger ett approximativt livscykelutsläpp för biogas utan uppgradering. En verkningsgrad på 90 % antas även för biogas utan uppgradering.

F.2 Elvärme

Systemen för elvärme till lokaler och hushåll (värme (uppv.)) som är utredda är värmepump, direktverkande el och vattenburet system (elpanna).

Litteraturstudier har påvisat att direktverkande el och värmepump kan användas även för processvärme. Bl a använder Trelleborgs AB ånga i gummiproduktionen (Satz, 2013), vilket är möjligt att producera med direktverkande el i elektrisk ångpanna (TT Boilers, 2014). Värmepumpar kan användas för industriell processvärme t ex genom att utnyttja restvärme och höja denna värme till användbar temperatur (SP, 2012). Därför är direktverkande el och värmepump undersökta alternativ både inom värme (uppv.) och processvärme.

Utsläpp per MJ producerad el har omvandlats till utsläpp per MJ värme genom division med den totala verkningsgraden från producerad el till producerad värme. Samma generella verkningsgrad, utifrån Eon (2014b), har antagits för värmepumpar både till värme (uppv.) och processvärme vilket kan vara en viss förenkling eftersom verkningsgraden kan variera beroende på temperaturerna hos de ingående systemen i värmeöverföringen (och värmepumpar för utnyttjande av restvärme kan vara aktuellt inom processvärme). Lika verkningsgrad har också antagits för direktverkande el till värme (uppv.) och processvärme. Den totala verkningsgraden inkluderar förluster både i elnäten och i elanvändningen. Förlusterna i nätet är på i snitt 8 % (ELFIR och SWEFA, 2007) och verkningsgraderna i användning är för värmepumpar, direktverkande el och elpanna på ca 325 %, 95 % respektive 92,5 % i snitt (Eon, 2014b). När förlusterna i nätet inkluderas blir de totala verkningsgraderna för värmepump, direktverkande el och elpanna 300 %, 87,4 % respektive 85,1 %.

F.3 Fjärrvärme

Enligt Trelleborgs fjärrvärme (2014) var ca 74,2 % av Trelleborgs fjärrvärmeproduktion 2013 baserad på skogsflis (med visst inslag av grönflis) och 18,8 % baserad på pellets. Alltså stod dessa bränslen för ca 93 % av fjärrvärmeproduktionen i Trelleborg. Huvudresultaten för fjärrvärme har därför baserats på endast dessa två bränslen utifrån hur mycket de bidrog till produktionen år 2013, vilket gör att resultatet till 80 % baseras på skogsflis och till 20 % på pellets.

Från Bauer (2007) har resultat valts för värme från blandad skogsflis ("mixed wood chips") med hänvisning till att Skånes skog är relativt blandad (Skogsstyrelsen, 2014). Resultaten gäller för värmeproduktion med effekt 1000 kW, vilket är den storskaligaste produktion som Bauer (2007) räknar på för skogsflis. Utefter de resultat som är angivna för olika skalor i Bauer (2007) kan man se att skalan inte bör göra någon större skillnad för livscykelutsläppen vid högre effekt än så (den relativa marginalnyttan klimatmässigt med en ännu större värmeproduktion är liten). Resultatet för 1000 kW antas därför vara representativt även för en ännu större produktion inom fjärrvärmens. För värme från pellets finns inget resultat för storskalig värmeproduktion, utan 50 kW är den högsta angivna effekten. Resultaten i livscykelanalysen visar att klimatpåverkan generellt blir ca 25 % lägre vid stor värmeproduktion i förhållande till 50 kW värmeproduktion. Utifrån detta antas förenklat att storskalig värmeproduktion från pellets för fjärrvärme medför 75 % av utsläppen som 50 kW-produktion ger.

De beräknade utsläppen från denna fjärrvärmeproduktion har sedan dividerats med 0,9, eftersom förlusterna i fjärrvärmenät i Sverige generellt är på ca 10 % (Svensk fjärrvärme, 2014b). På detta sätt har utsläpp erhållits i g CO₂-ekv/MJ värme (vilket alltså är levererad värme och inte producerad värme), vilket gör resultaten jämförbara med resultaten för värme från lokal produktion, där inga nätförluster finns.

Fjärrvärme från halm är ett alternativ som redan idag används i liten skala i Trelleborg och detta kan öka betydligt, sett till Björnsson et al (2011). Därför har detta bränsle inkluderats i olika känslighetsanalyser för fjärrvärme. Resultaten som använts för halm kommer från Forgie och Andrew (2008).

F.4 Pelletsvärme

Utsläppen för pellets till värmeproduktion är baserat på Bauer (2007) och resultat är valt för liten pelletspanna, 15 kW till värme (uppv.). En pelletspanna lämpad för de flesta villor i Sverige är på ca 20 kW (Skyttorps mek & bioenergi, 2014) vilket gör att detta resultat för 15 kW-panna bör motsvara klimatpåverkan från pelletsvärme till en normal villa i Trelleborg. För processvärme från pellets antas storskalig värmeproduktion och utifrån detta antas precis som för fjärrvärmerna att processvärmerna från pellets ger 75 % av utsläppen som 50 kW-produktion ger enligt Bauer (2007).

F.5 Halmvärme

Utsläppet för värme från halm är baserat på Forgie och Andrew (2008). Transportutsläppen har (för denna lokala värmeproduktion) frånräknats totalresultatet, utifrån Forgies och Andrews (2008) redovisning, eftersom halm för värme endast antas användas lokalt där halmen produceras, och då ingår ingen transport i detta värmeproduktionssystem.

F.6 Flisvärme

Skogsflis har undersökts inom processvärme och, precis som för fjärrvärmeproduktionen, har storskalig värmeproduktion antagits (1000 kW). Resultatet baseras även här på blandad skogsflis och är hämtat från Bauer (2007).

Bilaga G Icke-fossila alternativ för drivmedel

G.1 Biogas

Omvandling av resultaten för biogas från g CO₂-ekv/MJ drivmedel till g CO₂-ekv/MJ transportarbete har krävts. Utifrån Börjesson et al (2010) räknar denna studie med ett utsläpp i slutanvändningen på 0,9 g CO₂-ekv/MJ drivmedel för gasdrivna fordon (gasläckage). Detta utsläpp har adderats till tillverkningsutsläppet och denna summa har sedan dividerats med antagen verkningsgrad i fordon. Vid användning i elhybridfordon är också ett utsläppstillägg p g a högre utsläpp i fordonstillverkningen tillagt (se bilaga G, G.5 Användning av icke-fossila drivmedel i elhybridbil).

G.2 Etanol

Den etanol som används i Trelleborg bör vara producerad av i genomsnitt samma råvaror som etanol i Sverige allmänt. Enligt Energimyndigheten (2013c) var den sålda etanolen i Sverige 2012 till allra största delen baserad på vete och majs (ca 83 %) och det hade därför varit fördelaktigt att kunna basera etanolens huvudresultat på båda råvarorna. Börjesson et al (2010) inkluderar resultat för veteetanol men inte för majsetanol. För att försäkra att en homogen beräkningsmetodik använts för de flytande biodrivmedlens utsläppsdata har data för

100 % vete ur Börjesson et al (2010) använts till etanolens huvudresultat. Råvarumixen är alltså förenklad i huvudresultaten men anses motiverad eftersom vete användes som råvara för nära dubbelt så mycket etanol som majs i Sverige år 2012 (Energimyndigheten, 2013c). I de utökade känslighetsanalyserna presenteras resultat för etanol där amerikansk majsetanol (utsläppsdata från Edwards et al (2013)) är inkluderad.

Känslighetsanalyser gällande etanol delvis baserad på sockerrör är också inkluderade, eftersom sockerrörsetanol stod för en betydande del av den sålda etanolen år 2011 (Energimyndigheten, 2012), till skillnad från 2012. Utsläppsdata för sockerrörsetanol är hämtat ur Börjesson et al (2010).

Resultaten i g CO₂-ekv/MJ drivmedel har omvandlats till g CO₂-ekv/MJ transportarbete via division med antagen verkningsgrad i fordon. Vid användning i elhybridfordon är också ett utsläppstillägg p g a högre utsläpp i fordonstillverkningen tillagt (se bilaga G, G.5 Användning av icke-fossila drivmedel i elhybridbil).

G.3 RME

För RME, rapsmetylester, är råvarutillförseln per definition 100 % raps, vilket innebär att inget statistiskt underlag har krävts för att fastslå råvarutillförseln. Utsläppsresultatet för RME, från Börjessons et al (2010), i g CO₂-ekv/MJ drivmedel är omvandlat till g CO₂-ekv/MJ transportarbete genom division med verkningsgraden i fordon. Vid användning i elhybridfordon är också ett utsläppstillägg p g a högre utsläpp i fordonstillverkningen tillagt (se bilaga G, G.5 Användning av icke-fossila drivmedel i elhybridbil).

G.4 EI

Från producerad el till utfört transportarbete i elfordon sker energiförluster i både elnätet, påladdningen och urladdningen av batteriet samt i motorn. Detta gör att den totala verkningsgraden för att utföra transportarbete med elbil är på ca 68 % (ELFIR och SWEFA, 2007). Denna verkningsgrad gäller för personbilar men antas i denna studie vara representativ även för ellastbilar (som har prövats och lanserats i olika modeller de senaste åren). Därför har utsläppsresultatet i g CO₂-ekv/MJ producerad elenergi omvandlats till enheten g CO₂-ekv/MJ transportarbete genom division med 0,68.

Totalverkningsgraden skulle kunna vara högre än 68 %. Distributionsförlusterna för el kan variera beroende på hur mycket elen överförs i lokala eller regionala nät. 75 % av elenergiförlusterna sker i lokala och regionala nät och endast 25 % i stamnätet (Sempler, 2009). Utifrån detta uppskattas i denna studie att distributionsförlusterna till vissa geografiska områden kan vara på endast 4 % och inte 8 %, som är angivet i ELFIR OCH SWEFA (2007). Verkningsgraden i på- och urladdning i en Tesla Roadster-elbil är enligt Tesla Motors Inc (2006) på 86 %, d v s högre än den verkningsgrad på knappt 83 % för detta som är angivet i ELFIR och SWEFA. Verkningsgraden i motorn kan även vara högre än de 90 % som är angivet i ELFIR OCH SWEFA (Elways, 2011), och ett undervisningskompendie i Energiteknik anger en verkningsgrad på 92 % för elbilmotorer (Energiteknik, 2014). Med dessa högre verkningsgrader, 96 % i nätöverföring, 86 % i på- och urladdning och 92 % i motorerna har transport med el totalverkningsgraden 76 %. Därför har en känslighetsanalys gällande denna totalverkningsgrad inkluderats i de utökade känslighetsanalyserna (kap 5.3.1 och bilaga K).

Utöver utsläpp p g a elproduktionen för drift har ett utsläppstillägg för transport med el behövs p g a fordonstillverkningen. Enligt Strömman et al (2012) blir utsläppen i fordonstillverkning ca 125 % högre för en elbil än för en vanlig förbränningsbil om biltillverkningens elenergiförbrukning baseras på europeisk genomsnittsel (utsläppsskillnaden utgörs till ca 80 % av batteritillverkningen). Detta resultat överensstämmer väl med ett resultat från Hill (2013), som anger att tillverkningsutsläppet för elbilar är 130 % högre än för vanliga förbränningsbilar.

Enligt Strömman et al (2012) ger elbilen ca 7500 kg CO₂-ekv mer utsläpp i biltillverkningen än en vanlig förbränningsbil räknat på europeisk elmix. Strömman et al (2012) räknar med att batteriet håller hela bilens livslängd och därför antas i denna studie att livslängden för en elbil generellt inte skiljer sig från livslängden för bilar i allmänhet. Livslängden för elbilen är därmed satt till 25000 mil i basfallet (utifrån en hur länge en bil bör hålla, oavsett fordonssklass, enligt Auto, motor und sport (2013)). Eftersom verkningsgraden är hög för driften av en elbil räknas här förenklat med att den snittliga elförbrukningen för elbilen är samma som det utförda transportarbetet. Elförbrukningen per mil för en elbil är ca 1-2 kWh/mil (Dalakraft, 2014). Räknar man med att elförbrukningen är på i snitt 1,5 kWh/mil, d v s 5,4 MJ/mil är det utförda transportarbetet alltså också ca 5,4 MJ per mil. Totalt blir då 135000 MJ transportarbete utfört under bilens livslängd. Det extra utsläppet 7500 kg CO₂-ekv från biltillverkningen har därför dividerats med 135000 MJ transportarbete och lagts till de totala resultaten för el. I de utökade känslighetsanalyserna finns utsläppsresultat redovisade för en livslängd på 15000 mil respektive 30000 mil. Dessa exempel innebär mindre respektive mer utfört transportarbete under livslängden, vilket påverkar resultaten. Ett utsläppsresultat gällande att två batterier, och inte ett, används under livslängden är också inkluderat i de utökade känslighetsanalyserna.

I Strömman et al (2013), en bakgrundsrapport till Strömman et al (2012), anges att utsläppet p g a batteritillverkningen kan reduceras med 60 % om den el som antas för tillverkningen är baserad på vattenkraft. Eftersom denna faktor innebär en stor skillnad för livscykelutsläppen inkluderas två huvudresultat för elbilar: ett som gäller för europeisk elmix i biltillverkningen och ett som gäller när batteritillverkningens elförsörjning ändrats till vattenkraft (för detta resultat har hela utsläppsskillnaden gällande europeisk elmix multiplicerats med 0,4).

En ytterligare studie, av Notter et al (2010), visar att utsläppen p g a batteritillverkning kan vara så lågt som 70 % mindre än det som Strömman et al (2012) anger i sin livscykelanalys (Strömman et al, 2012). Därför ingår utsläppsresultat i de utökade känslighetsanalyserna (bilaga K) beräknat efter denna mängd utsläpp (där utsläppsskillnaden gällande europeisk elmix multiplicerats med 0,3).

G.5 Användning av icke-fossila drivmedel i elhybridbil

Verkningsgraden för elhybridbilar är högre än för vanliga förbränningsfordon och har antagits till 60 % i huvudresultaten (se Bilaga H om verkningsgrader i fordon). För att beräkna utsläppet p g a bränsleförbrukningen har respektive bränsleproduktionsutsläpp (i enheten g CO₂-ekv/MJ drivmedel) dividerats med verkningsgraden 0,6 (och inte med 0,4 som för de vanliga förbränningsbilarna) i huvudresultaten (för biogas ingår det antagna gasläckaget i fordon).

För rena elbilar behövdes ett utsläppstillägg p g a skillnad i utsläpp för tillverkning av fordonet (till allra största delen beroende på batteritillverkningen vid antagande om europeisk elmix i tillverkningen). Eftersom elhybridfordon *också* har ett batteri för eldrift bör dessa också ge högre tillverkningsutsläpp än vanliga förbränningsfordon. Batteriet till en ren elbil är betydligt större än batteriet till en elhybridbil - ca tio till tjugo gånger, enligt Noréus och Lindström (2012). I Hill (2013) anges att tillverkningsutsläppet för ett batteri till en *laddhybridbil* är på knappt 10 % (ca en trettondel) av utsläppet för ett batteri till rena elbilar. Eftersom laddhybrider har *större* batteri än hybrider med laddning endast under körning (Elbilsupphandling, 2014) är det troligt att elhybridbilens batteri inte ger mer utsläpp än dessa knappt 10 % (1/13).

Ingen studie för tillverkning av batteri för elhybridbil med laddning endast under körning har funnits och utsläppet för batteritillverkningen har därför antagits vara samma som för laddhybridbilar. Även övriga, mindre bidrag till utsläppsskillnaden (däribland tillverkningen av batterikylningssystemet, som står för en betydande del av den utsläppsskillnad som inte beror på batteritillverkningen, enligt Strömman et al (2012)) bör vara klart lägre för elhybridfordon än för de rena elfordonen eftersom batteriet är betydligt mindre. I brist på detaljerad utsläppsdata för tillverkning av elhybridfordon antas därför att batteritillverkningen står för det mesta av utsläppsskillnaden även för elhybridfordonen. Därför baseras utsläppsskillnaden helt på Hill (2013) och är därmed beräknad till 1/13 av utsläppsskillnaden (enligt Strömman et al (2012)) mellan rena elfordon och vanliga förbränningsbilar.

Eftersom elhybridfordonens batterier inte används i samma utsträckning som de rena elfordonens, antas batterierna hålla hela fordonens livslängd även för elhybridfordonen. Livslängden för ett elhybridfordon bör då generellt vara samma som för vanliga förbränningsfordon och därför antas 25000 mil som genomsnittlig livslängd även för elhybridfordonen (enligt Auto, motor und sport (2013)).

Bilaga H Verkningsgrader i fordon

De olika uppgifter som erhållits om verkningsgrader i fordon för dagens teknik skiljer sig åt något. Verkningsgraderna som används i studiens huvudresultat avses motsvara genomsnittlig verkningsgrad för lastbilar och personbilar. Enligt Energiteknik (2014) är verkningsgraden för diesel något högre i lastbilar än i personbilar och i genomsnitt 40 %. 40 % verkningsgrad motsvarar också användning i en modern dieselmotor enligt Murray (2008). Dieselmotorer kan användas för både diesel och RME och utifrån detta antas verkningsgraden vara 40 % både för diesel och för RME. En bensinmotor (ottomotor) uppnår inte riktigt samma bränsleeffektivitet, utan har en maximal verkningsgrad på *knappt* 40 % (Volvo, 2014). Utifrån att något mer diesel än bensin används i Trelleborgs kommun antas att den bensin och diesel som ersätts i Trelleborg används med en genomsnittlig verkningsgrad på 40 %. Det finns olika uppgifter om verkningsgrader för etanol och biogas. Etanol kan bl a användas i dieselmotorer med en verkningsgrad på över 40 % enligt Brandt (2008) och Murray (2008) menar att det är tveksamt om gas- och etanolmotorer kan nå 30 % verkningsgrad. Utifrån att man kan använda diesel/bensin, RME och etanol med 40 % verkningsgrad antas i huvudresultaten att alla bränslen används med 40 % verkningsgrad i vanliga förbränningsfordon (genomsnitt för lastbilar och personbilar). Detta är troligen relativt högt räknat för några av bränslena sett till dagens teknik och kan åtminstone betecknas som ”bästa möjliga teknik”. Att det oftast krävs nya fordon för att börja använda de icke-fossila bränslena kan motivera att ”bästa möjliga teknik” antas. P g a de generella osäkerheter som finns kring verkningsgraderna har omfattande känslighetsanalyser för detta genomförts (kap 5.3 och bilaga K).

För hybridfordonen har det inte heller funnits några tydliga och entydiga uppgifter om verkningsgrader. Noréus och Lindström (2012) menar att verkningsgraden höjs till det dubbla jämfört med vanliga förbränningsfordon vid användning i hybridbil. Antagandet görs för huvudresultaten att verkningsgraden är 60 % i elhybridbilar, d v s det dubbla av 30 %, vilket är en normal verkningsgrad för vanliga förbränningsfordon som används idag (Energiteknik, 2014). Eftersom elhybridfordonens verkningsgrad kan vara högre än 60 % (om man t ex utgår från att det är 40 % verkningsgrad i ett vanligt förbränningsfordon) har olika känslighetsanalyser gjorts för högre verkningsgrader (kap 5.3.1 och bilaga K).

Förklaringar kring de rena elfordonens verkningsgrad finns i bilaga G, G.4 El.

Bilaga I Bedömningar kring tekniska system m m (fördjupning)

Här följer fördjupade beskrivningar kring de avgränsningar i utsläppsberäkningarna som beskrivits i kapitel 4.4.

I några av de använda livscykelanalyserna av värmeproduktion är resultaten presenterade i den slutliga enheten g CO₂-ekv/MJ värme. I övrigt är resultaten från livscykelanalyserna presenterade i g CO₂-ekv/producerat bränsle eller elenergi. I dessa fall finns det delar kvar i livscykeln innan värme eller transportarbete är skapat. Därför har bedömningar gjorts om utsläpp p g a tillverkning av tekniska system för omvandling till värme eller transportarbete behöver ingå i utsläppsberäkningarna. Dessa tekniska system är: värmeproduktionsanläggningar/värmepannor, tanknings- och laddningsstationer, fordon, gasnät och fjärrvärmenät. Nedan beskrivs också om eventuella lastbilstransporter av drivmedel behöver ingå i de totala utsläppsberäkningarna. Tabell 14 nedan anger om respektive del behöver ingå eller inte. Om det tekniska systemet eller transporten bedöms ge begränsade utsläpp i förhållande till övriga delar i livscykeln eller om valet av icke-fossilt alternativ inte bedöms göra någon skillnad för utsläppet behöver det inte ingå i beräkningarna. En inkludering av utsläppet hade då inte gjort någon skillnad för jämförelsen mellan de olika alternativen.

Tabell 14 Tabell som visar om de olika tekniska systemen eller transportererna bedömts behöva ingå eller inte i utsläppsberäkningarna för att rättvist kunna jämföra de icke-fossila alternativen.

Tekniskt system eller transport	Ingår/ingår ej
Värmeproduktionsanläggningar/värmepannor	Ingår ej
Tankningsstationer	Ingår ej
Laddningsstationer	Ingår ej
Fordon	Skillnader i tillverkningsutsläpp ingår
(Utbyggnad av) gasnät	Ingår ej
(Utbyggnad av) fjärrvärmenät	Ingår ej
Eventuell transport av drivmedel med lastbil	Ingår ej

1.1 Tillverkning av värmeproduktionsanläggningar/värmepannor

Utsläpp p g a bygge/tillverkning av värmeproduktionsanläggningar eller värmepannor behöver inte ingå i beräkningarna. Dessa utsläpp bör dels vara marginella och även relativt lika mellan de olika systemen (liknande utrustning behövs). Berglund och Börjesson (2003) menar att energiförbrukningen i byggnationen av en *biogasanläggning* är ett par procent av

den som sker i driftfasen. En biogasanläggning anses här representativ för bränsle- och värmeproduktionsanläggningar och energianvändningen i byggnation av dessa typer av anläggningar bör utifrån detta vara lika marginell. Även de klimatpåverkande utsläppen (och inte bara energianvändningen) p g a bygge/tillverkning antas därför vara marginella.

1.2 Bygge av tankningsstationer

Tankningsstationer antas ge försumbara utsläpp precis som bränsleproduktions- eller värmeproduktionsanläggningar, med tanke på att livslängden för stationerna kan vara mycket lång. De förnybara drivmedel som undersöks här bör komma att säljas både vid befintliga och nya tankningsstationer och i ökande grad på befintliga stationer vid en mer omfattande biodrivmedelsanvändning. Det bör inte heller vara några större skillnader i denna typ av utsläpp mellan system för etanol, RME och biogas eftersom stationerna bör vara relativt lika.

1.3 Laddningsstationer

Byggnation av laddningsstationer för el till transport bör ge försumbara utsläpp, eftersom laddningsstationer i princip kan ha obegränsad livslängd.

1.4 Fordonstillverkning

Fordonstillverkningen har traditionellt medfört en relativt liten del av utsläppen inom transport jämfört med bränsleförbränningen, eftersom bensin och diesel har varit de vanligaste bränslena. Utifrån Strömmans et al (2012) livscykelanalys är bensinbilens tillverkningsutsläpp på 24 g CO₂-ekv per körd kilometer med denna studies antagande om 25000 mil livslängd. Med en bensinförbrukning på 0,7 l/mil dvs ca 2,3 MJ bensin/km (enligt Svenskt gastekniskt centrum (2011)) blir utsläppet p g a bensinförbrukningen ca 191 g CO₂-ekv/km utifrån Börjessons et al (2010) livscykelutsläpp för bensin. Av de sammanlagda utsläppen från fordonstillverkningen och bensinförbrukningen står då tillverkningen för ca 11-12 %.

Eftersom bl a många biodrivmedelssystem har lägre livscykelutsläpp än bensin och diesel kan man konstatera att biltillverkningen ofta bör utgöra en större andel av de totala utsläppen för icke-fossila transportalternativ. Studier av Ou et al (2013) och Strömman et al (2012) visar att utsläppen generellt är lika för tillverkning av alla transportfordon (oavsett bränsle) utom fordon med eldrift. Därmed bör tillverkningsutsläppen beaktas i jämförelser där fordon med eldrift inkluderas, och måste därför beaktas här.

Utifrån detta räknas inte utsläpp från biltillverkningen in för de vanliga förbränningsbilarna men för el- och elhybridfordon räknas *differensen* i utsläpp mellan denna tillverkning och tillverkningen av vanliga förbränningsfordon in.

1.5 Transport/distribution av bränsle

I ett 20-års-perspektiv är energiinsatsen vid bygge av lokalt gasnät med tryckledningsrör i plast beräknat att vara ca 1 % av energiinnehållet i den transporterade biogasen (Börjesson och Lantz, 2010). Utsläppen från denna energiinsats bör därmed vara så liten i förhållande till den som sker i produktionen av gasen att dessa utsläpp inte behöver ingå. Det finns redan ett väl utbyggt gasnät i Trelleborg, och biogas kan därmed också distribueras på ett sätt som inte kräver omfattande nätutbyggnad. Utifrån dessa aspekter räknas inte utsläpp p g a utbyggnad av gasnät in.

Eventuell transport av flytande bränslen kommer förmodligen ske med lastbil. Lastbilstransporter bör vara utsläppsmässigt försumbara även om en relativt lång

transportsträcka på 60 mil (motsvarande t ex Stockholm-Trelleborg) antas, vilket följande överslagsberäkning visar:

En tankbil som rymmer den förekommande volymen 45000 l (Preem, 2014) innehåller etanol eller RME med produktionsutsläpp på ca 15-60 g CO₂-ekv/MJ drivmedel (enligt Börjesson et al (2010)). Används en äldre lastbil med förbrukning 4,3 l diesel/mil (Samuelsson, 2004) blir det totalt 258 l förbrukning på 60 mil, vilket motsvarar 9100 MJ diesel (enligt Svenskt gastekniskt centrum (2011)). Detta innebär att ca 755300 g utsläpp sker i denna transport (enligt livscykelutsläppet för diesel i Börjessons et al (2010)). Etanolen eller RME:n som finns i tanken har ett energiinnehåll på ca 1134000 MJ (vid antagande om ett genomsnittligt energiinnehåll på 7 kWh/l, utifrån Svenskt gastekniskt centrum (2011)). Även om ett lågt livscykelutsläpp på 15 g CO₂-ekv/MJ drivmedel antas är det totala produktionsutsläppet för drivmedlet ca 17010000 g CO₂-ekv vilket är ca 23 gånger mer än utsläppet från dieseln som förbrukas under transporten. Även för en relativt lång transport med en äldre lastbil och ett klimatmässigt bra flytande drivmedel är alltså transportemissionerna relativt begränsade, i det här fallet ca 4 % av utsläppen från drivmedelsproduktionen⁵⁶. Därför behöver inte eventuell transport av flytande bränslen räknas in i beräkningarna.

1.6 Fjärrvärmenät

Utbyggnad av fjärrvärmenät antas, precis som gasnät av plast, inte vara nödvändigt att inkludera i beräkningarna. Detta motiveras av att även fjärrvärmerör, enligt den senaste generationens fjärrvärmedistribution, nästan uteslutande är av plast (Frederiksen och Werner, 2013) och att näten håller mycket länge. Ett välbyggt fjärrvärmenät kan ha en livslängd på upp till 100 år (Svensk fjärrvärme, 2014).

⁵⁶ Även om transporten i vissa fall kan innebära mer utsläpp än så för de flytande bränslena gör detta inte någon skillnad för studiens slutsatser, eftersom de flytande bränslena etanol och RME redan utan transportutsläpp har högre utsläppsresultat än biogas.

Bilaga J Klimatpåverkan för de icke-fossila alternativen (tabellform)

Tabell 15, 16 och 17 nedan anger i tabellform de utsläppsresultat som redovisas i diagramform i huvudresultaten (kap 5.1-5.2). Förutom utsläppsreduktioner vid ersättning av referensbränslet ingår för värme (uppv.) och processvärme också utsläppsreduktioner vid ersättning av eldningsolja 1.

Tabell 15 Klimatpåverkan för de undersökta icke-fossila alternativen och nuvarande fossila bränslen för värme (uppv.) i enheten g CO₂-ekv/MJ värme, samt utsläppsreduktioner vid ersättning av nuvarande fossila bränslen. (Dessa resultat gäller i studiens huvudresultat.)

Icke-fossilt alternativ	Klimatpåverkan (g CO ₂ -ekv/MJ värme)	Utsläppsreduktion vid ersättning av naturgas (%)	Utsläppsreduktion vid ersättning av eldningsolja 1 (%)
Värmepump	0,7	99,1	99,2
Biogas restprod.	1,9	97,5	97,9
Direktverkande el	2,5	96,8	97,3
Elpanna	2,5	96,7	97,2
Halm	3,0	96,0	96,7
Biogas restprod.+grödor (80/20)	5,7	92,5	93,7
Fjärrvärme	6,1	92,0	93,3
Biogas restprod.+grödor (50/50)	11,4	84,9	87,5
Pellets	14,5	80,8	84,0
Biogas grödor	20,9	72,4	77,0
Fossilt alternativ			
Naturgas	75,6 ⁵⁷		
Eldningsolja 1	91,0 ⁵⁷		

⁵⁷ Baserat på data från Gode et al (2011).

Tabell 16 Klimatpåverkan för de undersökta icke-fossila alternativen och nuvarande fossila bränslen för processvärme i enheten g CO₂-ekv/MJ värme, samt utsläppsreduktioner vid ersättning av nuvarande fossila bränslen. (Dessa resultat gäller i studiens huvudresultat.)

Fossilfritt alternativ	Klimatpåverkan (g CO₂-ekv/MJ värme)	Utsläppsreduktion vid ersättning av naturgas (%)	Utsläppsreduktion vid ersättning av eldningsolja 1 (%)
Värmepump	0,7	99,1	99,2
Biogas restprod.	1,9	97,5	97,9
Direktverkande el	2,5	96,8	97,3
Skogsflis	4,3	94,3	95,3
Biogas restprod.+grödor (80/20)	5,7	92,5	93,7
Pellets	10,1	86,6	88,9
Biogas restprod.+grödor (50/50)	11,4	84,9	87,5
Biogas grödor	20,9	72,4	77,0
Fossilt alternativ			
Naturgas	75,6 ⁵⁸		
Eldningsolja 1	91,0 ⁵⁸		

⁵⁸ Baserat på data från Gode et al (2011).

Tabell 17 Klimatpåverkan för de undersökta icke-fossila alternativen och nuvarande fossila bränslen inom transport i enheten g CO₂-ekv/MJ transportarbete, samt utsläppsreduktioner vid ersättning av nuvarande fossila bränslen. (Resultaten gäller för studiens huvudresultat.) Siffrorna inom parentes anger den del av klimatpåverkan för transport med eldrift som är från utsläppsskillnaden i fordonstillverkning.

Icke-fossilt alternativ	Klimatpåverkan (g CO ₂ -ekv/MJ transportarbete)	Utsläppsreduktion vid ersättning av bensin eller diesel (%)
Biogas restprodukter (Gasbil)	4,3	97,9
Biogas restprodukter (Hybridbil, (Bilprod: Europeisk elmix)	8,4 (4,3)	96,6
Biogas restprod.+grödor (80/20) (Gasbil)	12,8	93,9
Biogas restprod.+grödor (80/20) (Hybridbil, bilprod: Europeisk elmix)	14,1 (4,3)	93,9
Biogas restprod.+grödor (50/50) (Hybridbil, bilprod: Europeisk elmix)	16,9 (4,3)	89,2
El (Batteriprod: Vattenkraftsel)	25,4 (22,2)	87,9
Biogas restprod.+grödor (50/50) (gasbil)	25,6	87,8
Biogas grödor (Hybridbil, bilprod: Europeisk elmix)	36,9 (4,3)	83,0
Etanol (Hybridbil, bilprod: Europeisk elmix)	38,2 (4,3)	82,4
RME (Hybridbil, bilprod: Europeisk elmix)	38,4 (4,3)	82,3
Biogas grödor (Gasbil)	47,0	77,6
Etanol (Vanlig förbränningsbil)	49,0	76,6
RME (Vanlig förbränningsbil)	49,3	76,5
El (Bilprod: Europeisk elmix)	58,7 (55,6)	72,0
Fossilt alternativ		
Bensin eller diesel	209,5 ⁵⁹	

⁵⁹ Baserad på Börjesson et al (2010).

Bilaga K Utökade känslighetsanalyser (fördjupning)

I kap 5.3 presenterades och beskrevs studiens mest centrala utökade känslighetsanalyser. Denna bilaga ger mer omfattande beskrivningar och analyser av dessa känslighetsanalyser, som visar hur resultaten kan variera från det som presenteras i huvudresultaten (kap 5.1 och 5.2). De alternativa utsläppsresultaten för de icke-fossila alternativen presenteras i tabell 18 och 19. Nedanför tabell 18 respektive 19 ges beskrivningar och analyser av tabellerna. I analyserna bedöms framförallt vilka osäkerheter det finns i att biogas klimatmässigt bör användas som drivmedel.

Vänstra kolumnen i tabell 18 och 19 anger vilket icke-fossilt alternativ som avses och på vilket sätt förutsättningarna har ändrats för detta alternativ. Mittenkolumnen visar vilken utsläppsreduktion som alternativet ger vid dessa nya förutsättningar (för den fossila referensen förändras inga antaganden, d v s dessa är konstant samma som för huvudresultaten, kap 5.1-5.2). Alternativen presenteras i klimatmässig storleksordning, med högsta utsläppsreduktionen överst. Högerkolumnen visar den ”ursprungliga” utsläppsreduktionen (vid huvudresultatens antaganden och förutsättningar).

Tabell 18 Känslighetsanalyser för de icke-fossila alternativen inom transport.

Icke-fossilt alternativ	Utsläppsreduktion (%) ⁶⁰	Huvudresultat (%)
Biogas av restprodukter (Gasbil), verkningsgrad 30 %, ändrat från 40 % ⁶¹	97,3	97,9
Biogas av restprodukter (Hybridbil, bilprod: europeisk elmix), verkningsgrad 70 %, ändrat från 60 %	96,8	96,6
Biogas av restprod.+grödor (50/50) (Hybridbil, bilprod: europeisk elmix) verkningsgrad 70 %, ändrat från 60 %	93,3	89,2
Biogas av restprodukter (Gasbil), endast av betblast	92,4	97,9 ⁶²
Biogas av restprod.+grödor (80/20) (Gasbil), verkningsgrad 30 %, ändrat från 40 % ⁶¹	91,8	93,9
El (30 % av utsläppstillägget från fordonstillverkningen ⁶³)	90,5	72,0 ⁶⁴
El (Batteriprod: vattenkraftsel), livslängd 30000 mil, ändrat från 25000 mil	89,7	87,9
Etanol (Vanlig förbränningsbil), av 100 % halm ⁶⁵ , ändrat från 100 % vete	89,3	76,6
Etanol (Vanlig förbränningsbil), verkningsgrad 70 %, ändrat från 40 %	86,6	76,6
RME (Vanlig förbränningsbil), verkningsgrad 70 %, ändrat från 40 %	86,6	76,5
Biogas av restprod.+grödor (50/50) (Gasbil), endast betblast bland restprodukterna, ändrat från betblast och gödsel	85,0	87,8
Etanol (Hybridbil, bilprod: europeisk elmix) verkningsgrad 70 %, ändrat från 60 %	84,6	82,4
RME (Hybridbil, bilprod: europeisk elmix), verkningsgrad 70 %, ändrat från 60 %	84,5	82,3
Biogas av restprod.+grödor (50/50) (Gasbil), verkningsgrad 30 %, ändrat från 40 %	83,7	87,8
Etanol (Vanlig förbränningsbil), av vete och halm ⁶⁵ (50/50) ändrat från endast vete	83,0	76,6
Etanol (Vanlig förbränningsbil), av halm och träavfall (50/50) ⁶⁵ , ändrat från 100 % vete	82,7	76,6

⁶⁰ Utsläppsreduktion vid ersättning av referensbränsle diesel/bensin

⁶¹ 40 % verkningsgrad kan vara något högt räknat sett till dagens teknik. Se bilaga H för info kring antagna verkningsgrader.

⁶² Biogas av restprodukter (Gasbil)

⁶³ Notter et al (2010) anger (enligt Strömman et al (2012)) ett livscykelutsläpp för tillverkning av eldriftsbatterier på ca 30 % av det resultat som används av Strömman et al (2012). Utifrån Notters et al uppgift räknas här ett exempel där det extra utsläppet som sker i fordonstillverkning för elfordon är reducerat till 30 %.

⁶⁴ El (Bilprod: europeisk elmix).

⁶⁵ Livscykelutsläpp för etanol av halm respektive träavfall hämtat ur Edwards et al (2013).

El (Batteriprod: vattenkraftsel), livslängd 15000 mil, ändrat från 25000 mil	80,8	87,9
El (Bilprod: europeisk elmix), livslängd 30000 mil, ändrat från 25000 mil	76,4	72,0
El (Bilprod: europeisk elmix), mix för el i användningen: endast kärnkraft ⁶⁶ , ändrat från approximativ elmix i svensk icke-fossil elförsäljning ⁶⁷	72,5	72,0
El (Bilprod: europeisk elmix), verkningsgrad 76 %, ändrat från 68 % ⁶⁸	72,1	72,0
El (Bilprod: europeisk elmix), mix för el i användningen: endast biomassakraft ⁶⁹ , ändrat från approximativ elmix i svensk icke-fossil elförsäljning ⁶⁷	70,6	72,0
Biogas av grödor (Gasbil), verkningsgrad 30 %, ändrat från 40 %	70,1	77,6
Etanol (Vanlig förbränningsbil), av majs (15 %), vete (50 %) och sockerrör (35 %) (2011 års approximerade råvarumix för såld etanol i Sverige) ⁷⁰ , ändrat från 100 % vete	56,0	76,6
Etanol (Vanlig förbränningsbil), av vete (64 %) och majs (36 %) (2012 års approximerade råvarumix för såld etanol i Sverige) ⁷¹ , ändrat från 100 % vete	55,6	76,6
El (Bilprod: Europeisk elmix), livslängd 15000 mil, ändrat från 25000 mil	54,3	72,0
RME (Vanlig förbränningsbil), utsläppsdata: Bernesson 2004 ⁷² , ändrat från Börjesson et al, 2010	49,9	76,5
Elbil (Bilprod: europeisk elmix), två batterier används under livslängden, ändrat från ett batteri	45,5	72,0

⁶⁶ Utgående från Vattenfall (2012) är det kraftslag inom fossilfri el i Sverige med minst klimatpåverkan kärnkraftsel. Därför räknas ett exempel gällande detta kraftslag utifrån Vattenfalls studie.

⁶⁷ 50,5 % kärnkraft, 37,5 % vattenkraft, 7,2 % biomassakraft, 4,8 % vindkraft (se bilaga E för mer info)

⁶⁸ Uppgifter från ELFIR OCH SWEFA (2007) och Tesla Roadster (2006) visar att en totalverkningsgrad på 76 % för elbilar är möjlig.

⁶⁹ Utgående från Vattenfall (2012) och Moomaw et al (2011) är det kraftslag inom fossilfri el i Sverige med mest klimatpåverkan el från biomassa. Därför räknas ett exempel gällande detta kraftslag utifrån Vattenfalls studie.

⁷⁰ Råvarumix hämtad ur Energimyndigheten (2012). Majsetanolens resultat (hämtat ur Edwards et al (2013)) gäller amerikansk tillverkning (se bilaga G, G.2, Etanol).

⁷¹ Råvarumix hämtad ur Energimyndigheten (2013c). Majsetanolens resultat (hämtat ur Edwards et al (2013)) gäller amerikansk tillverkning (se bilaga G, G.2, Etanol).

⁷² Studie av klimatpåverkan från RME. Resultatet gäller för allokeringssystemet systemexpansion.

I kap 5.1 konstaterades att biogas är det klimatmässigt bästa drivmedlet och det enda som når över 90 % utsläppsreduktion i huvudresultaten vid ersättning av det fossila referensbränslet. De utökade känslighetsanalyserna visar att biogas producerat med 80 % restprodukter eller mer fortfarande har över 90 % utsläppsreduktion även om verkningsgraden för gasfordonet är på 30 % och inte 40 %.

Förutsättningarna för att el, etanol och RME ska uppnå samma utsläppsreduktion som biogas eller reduktion på över 90 % ser begränsade ut. För el förbättrar en höjning av elbilens totalverkningsgrad från 68 % till 76 % inte utsläppsreduktionen med mer än drygt 0,1 %. En ändring av ursprunget för elen i användningen till endast biomassakraft försämrar utsläppsreduktionen med knappt 1,5 % och antagande om endast kärnkraft förbättrar utsläppsreduktionen med drygt 0,5 %. Verkningsgraden och ursprunget för elen i användningen påverkar alltså inte elbilens utsläppsreduktion med mer än ett fåtal procent.

El får kraftigare höjning av utsläppsreduktionen om antaganden kring biltillverkningen förändras. Utsläppsreduktionen blir *nästan* 90 % om vattenkraftsel antas i batteritillverkningen (enligt Strömman et al (2012)) och livslängden på fordonet antas vara 30000 mil och inte 25000. Elbilsbatterier tillverkas mest i Japan, USA och Europa (Blomhäll, 2014). Eftersom Japans, USA:s och EU:s elproduktion till största delen baseras på fossila bränslen (Enerdata, 2012; US Energy Information Administration, 2013; European Commission, 2014) är vattenkraftsel i batteritillverkningen inte det rimligaste antagandet.

El når också ca 90 % utsläppsreduktion om man utgår från Notters et al (2010) studie, vars utsläppsresultat för batteriet är på ca 30 % av resultatet från Strömman et al (2012) (Strömman et al, 2012). Det finns alltså klara osäkerheter kring de extra utsläpp som sker om fordonet är ett elfordon. Utifrån Strömman et al (2012) är det dock inte troligt att elbilen uppnår 90 % utsläppsreduktion och även utifrån Notter et al (2010) (d v s beräknat med 30 % av utsläppstillägget) når inte heller el upp till samma utsläppsreduktion som biogas.

Utsläppsreduktionen för etanol och RME blir högre om man antar en högre verkningsgrad i fordonen. Vid en höjning till 70 % verkningsgrad i hybridbilar höjs reduktionen från drygt 82 % till knappt 85 %. Vid ett teoretiskt antagande om 70 % verkningsgrad i vanliga förbränningsbilar (en orimligt hög förbättring) uppnår etanol och RME inte heller 90 % reduktion. Utifrån detta konstateras att etanol och RME inte kan uppnå biogasens klimatnytta och troligen inte heller 90 % utsläppsreduktion endast med höjning av verkningsgraderna (för elhybridalternativen kan eventuellt reduktion på *nära* 90 % uppnås).

Etanolen kan närma sig biogasens utsläppsreduktion mer om istället råvarumixen förändras och mer restprodukter används. Om etanolen baseras helt på restprodukten halm blir reduktionen runt 90 % enligt Edwards et al (2013), men eftersom endast ca 1 % av etanolen i Sverige baseras på restprodukter (Energimyndigheten, 2013c) bör inte etanol, sett till dagens råvarutillförsel, vara på samma klimatmässiga nivå som biogas.

Tabell 19 Känslighetsanalyser för de icke-fossila alternativen inom värme (uppv.) och processvärme.

Icke-fossilt alternativ	Utsläpps- reduktion (%) ⁷³	Basfall (%)
Biogas av restprodukter, <i>utan</i> uppgradering, ändrat från <i>med</i> uppgradering	101,9	97,5
Värmepump, utsläppsdata för elproduktion från Moomaw et al, 2011 ändrat från Vattenfall, 2012	98,6	99,1
Värmepump, verkningsgrad 250 %, ändrat från 300 % och elmix 100 % biomassakraft ⁷⁴ , ändrat från elmix i svensk icke-fossil elförsäljning ⁷⁵	97,8	99,1
Värmepump, utsläppsdata från Moomaw et al, 2011, ändrat från Vattenfall, 2012, elmix 100 % biomassakraft ⁷⁴ , ändrat från elmix i svensk icke-fossil elförsäljning ⁷⁵ och verkningsgrad 250 %, ändrat från 300 %	97,6	99,1
Biogas av restprodukter, verkningsgrad 95 %, ändrat från 90 %	97,6	97,5
Skogsflis, utsläppsdata: emissionsfaktor från Gode et al, 2011, ändrat från Bauer, 2007	97,4	94,3
Biogas av restprod.+grödor (80/20), <i>utan</i> uppgradering ändrat från <i>med</i> uppgradering	96,9	92,5
Fjärrvärme, utsläppsdata: emissionsfaktorer från Gode et al, 2011, ändrat från Bauer, 2007	95,9	92,0
Direktverkande el, elmix: endast biomassakraft ⁷⁴ , ändrat från elmix i svensk icke-fossil elförsäljning ⁷⁵	93,7	96,8
Elpanna, elmix: endast biomassakraft ⁷⁴ , ändrat från elmix i svensk icke-fossil elförsäljning ⁷⁵	93,5	96,7
Fjärrvärme, råvarumix 60 % skogsflis, 40 % halm, ändrat från 80 % skogsflis och 20 % pellets	93,8	92,0
Fjärrvärme, 5 % förluster i nät, ändrat från 10 %	92,4	92,0
Pellets för processvärme, utsläppsdata: emissionsfaktor från Gode et al, 2011, ändrat från Bauer, 2007	92,1	86,6
Fjärrvärme, bränslemix 50 % skogsflis, 50 % pellets, ändrat från 80 % skogsflis och 20 % pellets	89,4	92,0
Biogas av restprod.+grödor (50/50), <i>utan</i> uppgradering, ändrat från <i>med</i> uppgradering	89,3	84,9
Pellets för värme (uppv.), använt i 50 kW-panna, ändrat från 15 kW-panna	82,1	80,8
Biogas av grödor, <i>utan</i> uppgradering, ändrat från <i>med</i> uppgradering	76,8	72,4

⁷³ Utsläppsreduktion vid ersättning av referensbränslet naturgas.

⁷⁴ Utgående från Vattenfall, 2012 och Moomaw et al, 2011 är det kraftslag inom fossilfri el i Sverige med mest klimatpåverkan el från biomassa. Därför räknas ett exempel gällande detta kraftslag utifrån Vattenfalls studie.

⁷⁵ 50,5 % kärnkraft, 37,5 % vattenkraft, 7,2 % biomassakraft, 4,8 % vindkraft (se bilaga E för mer info).

I kap 5.1 konstaterades att det i huvudresultaten finns flera andra klimatmässigt likvärdiga eller bättre alternativ för värme än biogas, som ger över 90 % utsläppsreduktion. Känslighetsanalyserna visar att värmepumpar får bättre resultat än (uppgraderad) biogas helt från restprodukter även vid antagande om en verkningsgrad på 250 % för värmepumparna och att elen är den klimatmässigt sämsta fossilfria elen (enligt Vattenfall (2012) och Moomaw et al (2011) biomassakraft), vilket kan anses som klimatmässigt ”sämsta möjliga förutsättningar” för värmepumparna. Värmepumparnas utsläppsreduktion kvarstår som något högre än biogasens både vid användning av Vattenfalls (2012), och Moomaws et al (2011) utsläppsdata för biomassakraft och även om man räknar med en höjd verkningsgrad för gaspannorna med 5 %.

Vid antagande om biogas *utan uppgradering* blir biogas producerad helt från restprodukter det bästa alternativet inom värme, med över 100 % utsläppsreduktion. (Att reduktionen kan bli över 100 % beror på de indirekta effekter vid biogasproduktion som räknas in när man tillämpar systemutvidgning, se Bilaga C, Biogas från restprodukter.) Värmepumpar kan fortfarande vara ett bättre alternativ än biogas utan uppgradering, beroende på hur mycket grödor som används i biogasproduktionen. Vid exempelvis 20 % grödor eller mer i produktionen får biogas utan uppgradering sämre resultat än värmepumpen.

Fjärrvärmens får höjd utsläppsreduktion vid användning av emissionsfaktorer från Gode et al (2011) istället för Bauer (2007) och reduktionen höjs också vid lägre förluster i nätet än i huvudresultaten. Reduktionen sjunker dock något vid en ökad användning av pellets, men den ligger allmänt kvar på en bit över 90 % i de utökade känslighetsanalyserna.

Direktverkande el och elpanna förblir alternativ med över 93 % utsläppsreduktion även vid antagande om att elen är den klimatmässigt sämsta fossilfria elen.

De utökade känslighetsanalyserna understryker därmed att det finns ett flertal andra icke-fossila alternativ än biogas inom värme (uppv.) och processvärme som kan anses likvärdiga eller bättre än biogas (beroende på vad som antas för biogasproduktionen) och som ger över 90 % utsläppsreduktion.

Inom både transport, värme (uppv.) och processvärme har vissa alternativ fått lägre utsläppsreduktion i känslighetsanalyserna än i huvudresultaten. Utsläppsreduktionen är dock som lägst 45,5 % för alternativen, vilket styrker att alla undersökta alternativ är bättre än dagens fossila.

Sammantaget styrker de utökade känslighetsanalyserna den slutsats som har dragits (se kap 6) om biogasens klimatoptimala användning.



LUNDS
UNIVERSITET

Miljö- och energisystem
Institutionen för Teknik och Samhälle
Lunds Tekniska Högskola
Lunds Universitet
Tryckt hos Media-Tryck, Lund 2015