
Rapport SGC 180

**Granskning av livscykelanalyser för
biogas, etanol och RME**
Kartläggning av behovet av nytt dataunderlag

©Svenskt Gastekniskt Center – Oktober 2007

Marita Linné
BioMil AB

SGC:s FÖRORD

FUD-projekt inom Svenskt Gastekniskt Center AB avrapporteras normalt i rapporter som är fritt tillgängliga för envar intresserad.

SGC svarar för utgivningen av rapporterna medan uppdragstagarna för respektive projekt eller rapportförfattarna svarar för rapporternas innehåll. Den som utnyttjar eventuella beskrivningar, resultat eller dylikt i rapporterna gör detta helt på eget ansvar. Delar av rapport får återges med angivande av källan.

En förteckning över hittills utgivna SGC-rapporter finns på SGC:s hemsida www.sgc.se.

SGC är ett samarbetsorgan för företag verksamma inom energigasområdet. Dess främsta uppgift är att samordna och effektivisera intressenternas insatser inom områdena forskning, utveckling och demonstration (FUD).

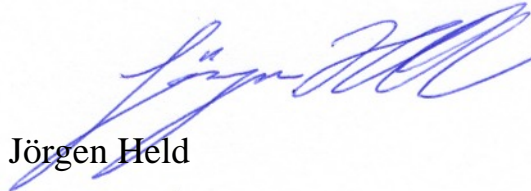
SGC har följande delägare:

Svenska Gasföreningen, E.ON Gas Sverige AB, E.ON Sverige AB, Göteborg Energi AB, Lunds Energikoncernen AB (publ) och Öresundskraft AB.

Följande parter har gjort det möjligt att genomföra detta utvecklingsprojekt:

E.ON Gas Sverige AB
Öresundskraft AB
Lunds Energikoncernen AB (publ)
Krafringen Produktion AB
Göteborg Energi AB
AB Fortum Värme samägt med Stockholms stad
Fordonsgas Sverige AB
Svensk Biogas AB
Malmberg Water AB
Läckeby Water AB
Statens energimyndighet

SVENSKT GASTEKNISKT CENTER AB



Jörgen Held

Sammanfattning

Det finns idag endast ett fåtal livscykelanalyser (LCA) på framställning av biogas som drivmedel i Sverige. Syftet med föreliggande studie är att klarlägga inom vilka områden det behövs nytt dataunderlag för att ta fram nya livscykelanalyser för biogas. Tillförlitligheten och behovet av nytt dataunderlag för livscykelanalyser för etanol och RME ska även tas fram. Denna information ska sedan användas för att i nästa steg ta fram nya livscykelanalyser.

Undersökningen har visat att nyare svenska livscykelanalyser saknas för etanol och biogas. För biogas är den senaste från år 2000 och för etanol från svenskt vete från 1996. För RME finns däremot en livscykelanalys från 2004.

I Europa har det under de senaste tre åren gjorts flera omfattande studier som jämför livscykelanalyser för aktuella drivmedel. Vissa av studierna behandlar dock bara energibalanser och emission av växthusgaser. Nya data har tagits fram i livscykelanalyser utförda för biogasproduktion i Tyskland, Österrike, Danmark och Schweiz. För etanolproduktion finns det livscykelanalyser utförda för bl a produktion från vete och sockerrör som odlas i Brasilien. För framställning av etanol från sockerrör finns det enbart uppgifter på emissioner av växthusgaser samt energiåtgång dvs här saknas uppgifter på övriga emissioner och även data för transporten till Sverige.

Avseende användningen av bränslet så har de flesta livscykelstudierna gjorts för lätta fordon och ofta hänvisas till uppgifter från JRC:s Well-to-Wheelstudie. I en av de europeiska sammanställningarna görs även LCA-analyser för användning av bränslet i tunga fordon men inga specifika emissionsdata anges. Emissionsdata för gasdrivna tunga fordon kan hämtas från tester utförda vid VTT i Finland samt från NREL i USA. Däremot har inga nyare mätningar på emissioner från RME- och etanoldrivna tunga fordon redovisats i offentliga rapporter.

Vissa brister finns i dataunderlaget exempelvis avseende energibehov och emissioner vid lagring, ensilering och inmatning av grödor. Metanutsläppen från en biogasanläggning med tillhörande uppgradering behöver också verifieras. I samband med det sk Frivilliga åtagandet, som har initierats av Avfall Sverige, kommer en inventering av biogasanläggningarnas metanutsläpp att göras. När systemet har införts kommer det att kunna utgöra underlag i en LCA-analys.

I flera av rapporterna påpekas att påverkan på emissionen av växthusgaser vid odling av energigrödor är ett område som behöver belysas mer. Eftersom N_2O är en kraftfull växthusgas blir påverkan på den totala emissionen av växthusgaser betydande. Beroende på ett komplext förhållande mellan jordmån, odlingsteknik och klimat kan N_2O -emissionen variera kraftigt.

Påpekas bör också att resultaten från en livscykelanalys måste uppdateras inte bara baserat på förändringar i produktionssätt, nya emissionsdata mm utan även beroende på förändringar i de förhållanden som gällde vid allokeringen exempelvis vid allokeringen baserat på ekonomiskt värde påverkas resultatet kraftigt av ett förändrat energipris eller foderpris.

Genom att använda i huvudsak befintliga data men göra egna värderingar, känslighetsanalyser, antaganden, allokeringar samt i möjligaste mån lika förutsättningar för de olika bränslena kan en LCA-analys för svenska förhållanden tas fram.

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	3
1.1	SYFTE.....	3
1.2	LCA.....	3
1.3	METODIK.....	4
2	Analys av rapporter	4
2.1	SAMMANSTÄLLNINGAR OCH JÄMFÖRELSE AV LCA-ANALYSER.....	4
2.1.1	<i>Svenska rapporter</i>	4
2.1.2	<i>Europeiska rapporter</i>	7
2.2	BRÄNSLESPECIFIKA LCA-ANALYSER.....	12
2.2.1	<i>Biogas</i>	12
2.2.2	<i>Etanol</i>	16
2.2.3	<i>RME</i>	17
2.3	EMISSIONSDATA FÖR FORDON.....	18
3	Slutsatser	19
4	Referenslista.....	22

1 INLEDNING

I början av året presenterade EU-kommissionen preliminära förslag avseende tre kommande direktiv. Direktiven innehåller bindande krav på medlemsländerna att minska koldioxidutsläppen från vägtrafiken. Det gäller inte enbart vid användningen av drivmedlet utan hela livscykeln exempelvis ska livscykelutsläppen av växthusgaser från all försäljning av drivmedel minska med 1 procent per energienhet och år mellan 2010 och 2020. Ett antagande av ett sådant krav kommer att innebära att efterfrågan på biodrivmedel som ger upphov till höga utsläpp av växthusgaser vid odling eller förädling kommer att minska. Det medför också att det måste finnas välunderbyggda och trovärdiga livscykelanalyser som kan accepteras av de olika aktörerna inom biodrivmedelsbranschen.

I en livscykelanalys (LCA) studeras en produkts miljöpåverkan under hela dess livscykel, vilket också brukar benämnas från vaggan till graven. Det finns endast ett fåtal livscykelanalyser för framställning och användning av biogas som drivmedel i Sverige. Vid nya utredningar tas sällan nya uppgifter fram utan oftast används sammanställningar av gamla uppgifter. Detta kan t ex innebära att emissionsdata för tio år gamla bilar används eller att metanutsläpp anges för biogasanläggningar utan täckta behållare för lagring.

På uppdrag av Svenskt Gastekniskt Centrum har BioMil genomfört föreliggande litteraturstudie avseende tillgången på nyare livscykelanalyser för biogas, etanol och RME.

1.1 SYFTE

Syftet med projektet är att klarlägga inom vilka områden det behövs nytt dataunderlag, som mätningar på utsläpp och energiförbrukning, för att ta fram nya livscykelanalyser för biogas. Tillförlitligheten och behovet av nytt dataunderlag för livscykelanalyser för etanol och RME ska även tas fram. Denna information ska sedan användas för att i nästa steg ta fram nya livscykelanalyser.

1.2 LCA

En LCA enligt ISO 14040 består av fyra faser:

- Målbeskrivning och omfattning
- Inventeringsanalys
- Miljöpåverkansbeskrivning
- Resultattolkning

Om arbetet enbart omfattar de två första faserna är det enligt nordiska riktlinjer en livscykelinventering (LCI).

Allokeringen dvs hur stor del av miljöpåverkan som ska belasta huvudprodukten respektive biprodukterna har stor betydelse för resultatet i en LCA. I en LCA enligt ISO 14040 ska i

första hand metoden med systemutvidgning (Avoid allocation) tillämpas dvs att den miljöpåverkan som undviks genom att en biprodukt från huvudprocessen används för att ersätta en annan produkt. Exempelvis om drank används till djurfoder medför det att annat djurfoder inte behöver användas och då innebär det i sin tur minskade utsläpp vilket därmed ska krediteras huvudprodukten. Detta angreppssätt kan leda till komplicerade/subjektiva bedömningar och antagande.

I andra och tredje hand ska allokeringen ske enligt fysikaliska samband respektive ekonomisk värde. I sista hand sker fördelningen efter fysisk storhet t ex energiinnehåll. Detta är den vanligaste metoden om än det anses vara det sämsta sättet. Jämförbarheten med andra analyser är dock lättast med denna metod och tillgången på data är också bäst.

1.3 METODIK

I enlighet med uppdraget har arbetet med rapporten fokuserats på att identifiera vilka livscykelanalyser som har genomförts för respektive bränsle under de senaste åren. För respektive rapport analyseras de olika livscykelanalyserna utifrån ålder, metodik och dataunderlag. För varje LCA redogörs övergripande för dataunderlaget, exempelvis val av systemgränser, råvaror för biogasproduktion, vilket energislag som används för att täcka det interna behovet av el och värme i processen, metanförluster och transportavstånd.

Framförallt har stor vikt lagts vid att bedöma hur transparenta studierna är dvs går det att se vilka specifika emissionsdata som har använts för olika delar i livscykelanalysen. De brister i dataunderlag som respektive analys påpekar lyfts också fram.

Två olika typer av rapporter har studerats:

- rapporter som sammanställer och jämför livscykelanalyser för olika drivmedel.
- rapporter som genomför livscykelanalyser för ett drivmedel.

2 ANALYS AV RAPPORTER

2.1 SAMMANSTÄLLNINGAR OCH JÄMFÖRELSER AV LCA-ANALYSER

2.1.1 Svenska rapporter

Under de senaste åren har två större arbeten genomförts i Sverige där olika alternativa drivmedel jämförs, dels IVL:s Miljöfaktabok för bränslen (Uppenberg et al. 2001) och dels NTM:s rapporter (Blinge 2006 och Larsson 2006) om alternativa drivmedel. I båda rapporterna sammanställs och värderas genomförda livscykelanalyser och i enstaka fall görs kompletterande beräkning i Blinge 2006 (emissioner från etanolproduktion i Brasilien).

En livscykelstudie (Auer et al. 2006) har genomförts inom en kurs på KTH där etanol och biogas som fordonsbränsle jämförs.

Uppenberg et al. 2001

Rapporten från IVL refererar till Nilsson 2000 (se avsnitt 2.2.1) för produktion och distribution av biogas. I IVL-rapporten har dock emissionen av metan felaktigt räknats in i NMVOC. Emissionen av NMVOC och CH₄ anges båda till 640 mg/MJ. Uppgifter för framställning av etanol från vete har hämtats från Almemark 1996 (se avsnitt 2.2.2) och för RME från Blinge 1997. Referens för emissionsdata vid användning av respektive drivmedel är Blinge 1997 och uppgifterna där är framtagna av motortestcenter MTC på uppdrag av Alternativbränsleutredningen (SOU 1996:184). Emissionsdata för lätta fordon gäller för årsmodell -93 till -96 och för tunga fordon gäller årsmodell -90 till -96. IVL-rapporten har ofta använts som källa för emissionsdata bl a eftersom den har omfattat flertalet bränslen och användningsområden men uppgifterna är nu mer än tio år gamla. Speciellt avseende fordonen har utvecklingen medfört betydligt lägre emissioner från samtliga drivmedel. I rapporten saknas också uppgifter på etanol producerad från sockerrör i Brasilien.

Blinge 2006 och Larsson 2006

Blinges rapport behandlar energianvändning och emissioner från produktionen medan Larssons rapport omfattar avgasutsläpp från lätta fordon.

I Blinges rapport görs en genomgång av tillgängliga livscykelanalyser avseende produktion och distribution för olika drivmedel bl a biogas, etanol och RME. I rapporten konstateras att många av de livscykeldata som används är mer än 10 år gamla och behöver uppdateras. I Sverige har ingen större LCA genomförts sedan Alternativbränsleutredningen från 1997. Analyserna har ofta olika systemgränser, allokeringsmetoder, tidsaspekter mm vilket medför att resultaten är svåra att jämföra.

De underlagsdata som Blinge använder i sin rapport har hämtats från:

- Det tyska institutet IFEU (Quirin et al. 2004).
- IVL Miljöfaktabok för bränslen från 2001. Blinge påpekar att den anläggning som används som underlag för data för biogasproduktion inte är den mest moderna men att det är den enda LCA-analysen som finns att tillgå för svenska förhållanden samt att den har likartade systemgränser som används i LCA-analyser för övriga drivmedel.
- JRC:s (JRC 2004 finns i en senare version JRC 2007 i referenslistan) rapport Well-to-Wheels som inte är en fullständig LCA utan enbart omfattar energianvändning och växthusgaserna, CO₂, CH₄ och N₂O.
- Projektet Viewls som är ett EU-projekt med syfte att sammanställa data kring produktion och användning av biodrivmedel.

För vetebaserad etanol från Sverige använder Blinge de siffror som IVL-rapporten rekommenderar dvs uppgifter från Almemark 1996 vilket är en teoretisk studie på etanolanläggningen i Norrköping innan den blev byggd. För vetebaserad etanol från EU hänvisar Blinge till data från IFEU (Quirin et al. 2004) och för sulfitbaserad etanol till Blinge et al. 1997.

För etanol från sockerrör skriver Blinge "Vi har inte kunnat hitta trovärdiga LCA data för brasiliansk etanol från sockerrör". Ett antal studier finns dock publicerat med energibalanser och livscykeldata för växthusgaser och av dessa bedöms rapporten *Biofuels for transport* (IEA 2004) samt Macedo et al. 2004 vara mest trovärdiga. För att ändå få fram uppgifter som kan användas, eftersom en stor del av den etanol som används i Sverige idag kommer från Brasilien, gör Blinge en beräkning baserat på Macedo et al. 2004 för produktionen i Brasilien samt en översiktlig beräkning för sjötransport och distribution av bränslet till Sverige. För övriga emissioner, exempelvis NO_x och partiklar, exkluderas emissionerna vid produktionen helt pga brist på data. Detta innebär att de data som sedan presenteras i en sammanställd tabell över utsläpp till luft vid produktion, för alla emissioner förutom växthusgaser, enbart består av emissioner från sjötransporten.

Blinge rekommenderar starkt att en mer genomgripande analys av livscykelvärdena för tropisk etanol görs där även fler miljöeffekter än de som orsakas av emissioner till luft analyseras.

Som underlagsdata för biogas använder Blinge uppgifter från Nilsson 2000 eftersom det är den mest moderna rapporten som finns för svenska förhållanden.

För RME används data från Blinge et al. 1997 med motiveringen att inga senare referenser för svenskproducerad raps har hittats och att 10 år gamla data för svenska förhållanden är bättre än europeiska data.

I Larssons rapport redovisas schablonvärden för avgasutsläpp från lätta fordon som körs på olika drivmedel. Utsläpp av kolväten, NO_x samt partiklar redovisas för E85, biogas och RME. Förslag till utsläppsdata presenteras för olika årsmodeller och miljöklasser. Motivering för valda värden anges och baseras på en kombination av rapporter, mätningar och certifieringsvärden.

För en etanoldriven bil i miljöklass 2005, sammanvägs uppgifter från tre referenser, Aako et al. 2003, Serves 2005 samt en som anges vara opublicerade data från tillverkare av bilar för bensin och E85.

För en gasdriven bil i miljöklass 2005, görs en värdering av data från dels opublicerat material från testlaboratorium samt Aako et al. 2003 och TNO report 2003.

För RME anges att data saknas för miljöklass 2000 och 2005 dvs de data som anges är för årsmodell 00 och äldre.

De slutliga val som Larsson gör efter sammanvägning av de olika källornas resultat kan naturligtvis diskuteras, t ex är rekommendationen för etanoldrivna bilar att använda samma emissionsdata för kolväten som gäller för bensindrivna bilar trots att de citerade rapporterna konstaterar att kolväteemissionerna vid etanoldrift varierar kraftigt mellan olika bilar, körcykler och omgivningstemperatur.

Auer et al. 2006

Inga nya data tas fram i KTH-studien utan där används Berglund & Börjesson 2003 och även en direkt referens till Nilsson 2000 för biogas. För etanol från vete används data från Agroetanols hemsida samt data från en studie som utförts av British Sugar (Mortimer et al. 2004). För etanol från träråvara används uppgifter från etanoltillverkning i Örnsköldsvik plus uppgifter från en rapport från Columbia (Cardona Alzate & Sanchez Toro 2005). För användningen i fordon används emissionsdata från IVL (Uppenberg 2001). Det är dock svårt att tydligt följa vilka uppgifter som används från olika källor. Exempelvis hänvisas avseende etanol från träråvara till en annan KTH-rapport, Ahlgren et al. som i sin tur hänvisar till en databas SimaPro 6. Skillnader i antaganden i de olika källor som används är t ex att naturgas används som uppvärmning i biogasprocessen medan träråvara används för att täcka värmebehovet i etanolprocessen.

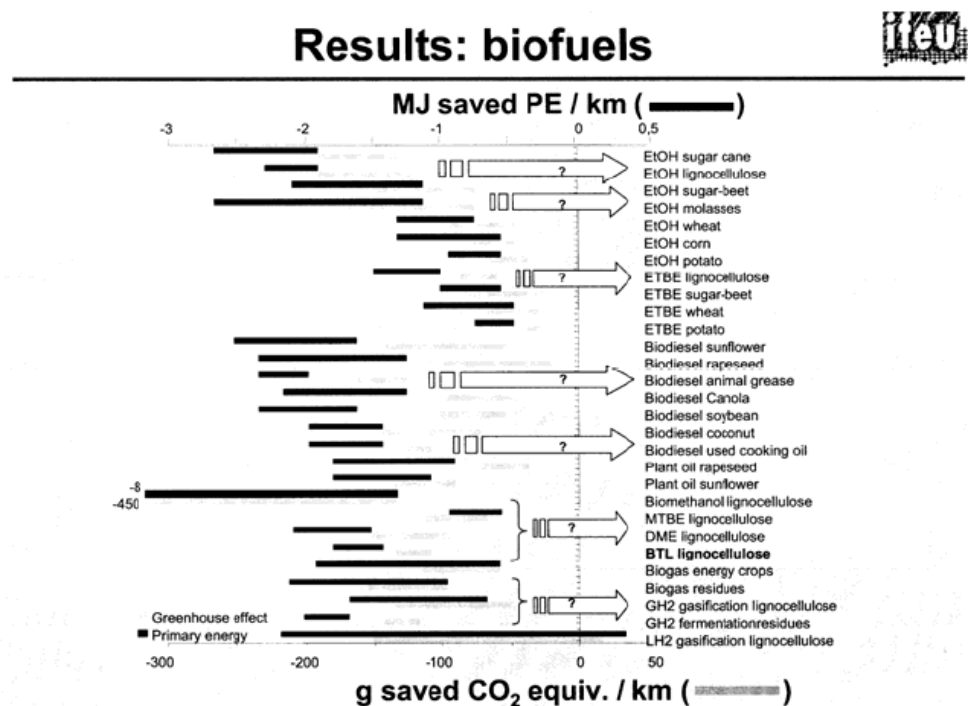
2.1.2 Europeiska rapporter

Quirin et al. 2004

Det tyska institutet IFEU har genomfört ett omfattande arbete där 800 LCA-rapporter avseende drivmedel studerades. Av dessa var det 63 studier som uppfyllde kraven på detaljerade analyser vilket resulterade i energi- och växthusgasbalanser för 109 olika produktionskedjor för olika typer av biodrivmedel. Bränsleförbrukningen och emissioner av de olika växthusgaserna anges per km för respektive drivmedel. Uppgifterna har hämtats från JRC-studien samt egna beräkningar. Tekniken anges representera år 2010.

Biogasproduktion från grödor och från avfall redovisas i sammanställningarna samt biodiesel och etanol framställt från ett antal olika råvaror. I sammanställningen redovisas data avseende växthusgaser och energibehov. Även en analys av övrig miljöpåverkan görs och redovisas som miljöpåverkansfaktorerna, försurning, övergödning, smog, ozonpåverkan och giftighet.

I nedanstående figur visas, som exempel på resultat från studien, emissionen av växthusgaser per km för olika biodrivmedelskedjor.



I rapporten påpekas bl a följande

- Kompletterande analyser krävs för etanol från sockerrör och potatis.
- Stor variation i LCA-analyserna beroende bl a på hur allokeringen av biprodukter har skett, om emissionen av N₂O från odling ingår, utbyte vid odling samt användning av maskinell eller manuell skördeteknik.
- Få LCA-analyser som behandlar andra miljöfaktorer än växthusgaser.

JRC 2007

JRC:s rapport "Well-to-Wheels analyses of future automotive fuels and powertrains in the European context" omfattar energibalanser och växthusgaserna CO₂, CH₄ och N₂O. Rapporten är framtagen av EU, bilindustrins samverkansorgan EUCAR och oljeindustrins samverkansorgan CONCAWE. Den första versionen presenterades 2003 och den senaste i mars 2007. Rapporten är omfattande och består av en huvudrapport plus tre delrapporter i vilka många olika produktionsmöjligheter och drivmedel behandlas.

För användningen av drivmedlen används en bil som ska representera en typisk europeisk bil för fem personer exempelvis en Golf. För utsläppsgränsvärden används följande kategorier:

- EURO 3 (MK2000) för 2002 års bil
- EURO 4 (MK2005) för 2010+ års bil

Simuleringsverktyget ADVISOR, som utvecklats i USA av National Renewable Energy Laboratory (NREL), används efter modifiering för att passa för europeiska förhållanden. Simuleringsmodellen har anpassats till NEDC-körcykeln.

För biogas beräknas emissionen av växthusgaser baserat på tre olika råvaror, torr respektive flytande gödsel samt hushållsavfall. Däremot behandlas inte biogas från odlade grödor eftersom lönsamheten bedöms vara sämre än andra alternativ men i rapporten anges att i kommande uppdateringar kan biogas från odlade grödor komma att behandlas. Data från bl a Berglund & Börjesson 2003 används i rapporten.

För etanol beräknas emissionen av växthusgaser baserat på fyra råvaror, vete, sockerbetor, sockerrör och trä. Data på etanolproduktion från sockerrör i Brasilien har hämtats från bl a Macedo et al. 2004 (se avsnitt 2.2.2). För etanolproduktion från vete används data från projektet Low Carbon Vehicle Partnership (Punter 2004) i Storbritannien. Här utreds flera olika kombinationer beroende på vilken energiråvara som används för att täcka etanolanläggningens energibehov och hur dranken används. Det är också dessa två parametrar som framförallt påverkar etanolsystemets totala energibalans och emission av växthusgaser. För produktion av etanol från träråvara används data från studier utförda av NREL i USA.

Emissioner av växthusgaser i samband med framställning av konstgödsel och emissioner av N₂O från åkermarken har utretts i rapporten. Data från IPCC har använts och dessa har sedan kompletterats med ytterligare studier av N₂O-emissioner från olika typer av åkermark i Europa. I rapporten jämförs emissionerna från odlingen av energigrödor med ett referensscenario utan odling av energigrödor. Ogödslad mark i träda utan skörd av vallen har valts som referensscenario. Eftersom sådan mark har betydande läckage av N₂O-emission så subtraheras den från de beräknade emissionerna från t ex veteodlingen. Motsvarande beräkningar för biogas saknas eftersom rapporten inte omfattar biogas från odlade grödor.

Zah et al. 2007

I denna över 200-sidiga rapport från Empa i Schweiz redovisas livscykelanalyser för bioenergianvändning via ett antal olika råvaror/produktionskedjor. Rapporten publicerades nyligen (maj 2007) och behandlar flertalet produktionskedjor som är aktuella för biogas, etanol och RME. För alla de olika alternativen anges varifrån emissionsuppgifter och energiförbrukning har hämtats samt en kort beskrivning av respektive produktionsanläggning. Emissionsuppgifter för de olika ingående delstegen i framställningsprocesserna anges inte, däremot anges hur allokeringen har skett. Oftast har allokeringen skett efter ekonomiskt värde vilket innebär att en förändring i prisbilden för de olika slutprodukterna påverkar livscykelanalysens resultat. Referenserna är relativt nya och i en del fall hämtade från olika befintliga produktionsanläggningar. Resultaten anges referera till medelvärden för 2004. Rapporten har granskats av en referensgrupp samt ytterligare en granskning av externa experter.

Trots den omfattande rapporten så används inte data för biogasproduktion från majs och gödsel från Pölz & Salchenegger 2005 (se avsnitt 2.2.1). Denna produktionskedja saknas i Zah et. al, men är intressant för svenska förhållanden och har en årlig gasproduktion på ca 13 GWh.

För biogas har följande produktionskedjor studerats:

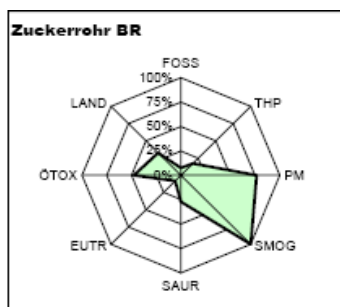
- Lantbruksbaserad biogasproduktion. Data har hämtats från en biogasanläggning med en rötkammare på 300 m³ som rötar ko- och svingödsel. Även olika typer av restprodukter kan tillföras anläggningen. Eftersom gödsel är en restprodukt ingår inte produktionen av denna i LCA:n och inte heller emissioner från återföringen eftersom gödseln ändå skulle spridits på åkermark. I LCA-analysen beräknas två fall, ett där rötrestlagret är öppet och ett med täckt rötrestlager.
- För rötning av avfall används data från en typisk rötningsanläggning i Schweiz på 10 000 ton avfall per år (KOMPOGAS).
- Data för rötning av vassle baseras på uppgifter från en pilotanläggning.
- Vid rötning av slam från avloppsreningsverk belastas inte LCA-analysen med framställning av slammet respektive hanteringen av rötat slam eftersom den hanteringen inte skiljer sig från orötat slam.
- Rötningen av gräs baseras på data från ett bioraffinaderi som var i drift 2001-2003. Till biogasen har 9 % allokerats baserat på ekonomiskt värde.
- Uppgifter om metanisering av trä har hämtats från en pilotanläggning i Güssing i Österrike.

För etanol har följande produktionskedjor studerats:

- Etanolframställning från trä baseras på data från NREL i USA. Anläggningen producerar 42 000 ton etanol och 1,8 GWh el per år. Allokeringen har baserats på priset för el respektive etanol.
- Etanolframställning från gräs baseras på data från en pilotanläggning i Märwil (2B AG heter företaget). Anläggningen producerar också protein och fibrer och allokeringen sker efter priset på respektive produkt.
- För potatis som råvara för etanolframställning används LCI-data från en pilotanläggning.
- Etanolframställning från sockerbetor baseras på teknik från ett sockerraffinaderi i Schweiz.
- Etanolframställning från vassle använder data från en anläggning i Irland.
- Etanolframställning från sockerrör i Brasilien med produktion av etanol och ström. Fördelning enligt ekonomiskt värde vilket innebär att etanolen belastas med 99,75 % av emissionerna.
- Etanolframställning från sockerrör/melass i en integrerat sockerraffinaderi enligt brasiliansk modell. Allokering enligt ekonomiskt värde vilket ger allokatonsfaktorerne 13,6 % för etanolen, 84,3 % för sockret och 0,6 % för bagassen (biprodukt från sockerrören). Dranken anses inte ha något ekonomiskt värde utan går enbart tillbaka till lantbruket.
- Processbeskrivning och emissionsfaktorer för framställning av etanol från sockerhirs kommer från ett projekt som heter etha+Projekt der Alcosuisse.
- Framställning av etanol från majs baseras på data från produktionsanläggningar i USA enligt den teknik som bedöms vara dominerande fram till 2012.
- Etanolframställning från råg baseras huvudsakligen på data från potatis. Två olika scenarier beräknas: dels med odling på extensiv överskottsmark i Östeuropa (3,2 ton/ha) och dels odling med optimerat utbyte (6 ton/ha).

Resultaten presenteras i tydliga diagram för alla ingående produktionssätt exempelvis i koldioxidkvalenter/MJ samt energibehov/MJ. En miljöpåverkansbedömning enligt två olika modeller genomförs: dels en schweizisk modell (Environmental Impact Points, UBP 06) och dels European Eco-indicator 99. Bl a redovisas påverkan på växthuseffekt, försurning, ozonbildning, utsläpp av partiklar och övergödning. I miljöpåverkansbedömningen ingår användning av bioråvaran som drivmedel och för värme- och/eller elproduktion.

Resultaten presenteras också i ett diagram för varje bränsle och produktionskedja där fossil energiförbrukning och emissioner har sammanställts och sedan använts för att beräkna olika indikatorer, se exempel i nedanstående figur.



Legende

Fossiler Energieverbrauch	FOSS
Treibhauspotential	THP
Atemwegserkrankungen	PM
Sommersmog	SMOG
Versauerung	SAUR
Überdüngung	EUTR
Ökotoxizität	ÖTOX
Landnutzung	LAND

Midpoint-Indikatorerna vid tillagringen av 1 MJ Bioethanol (skaleringen svarar mot emissionsmaximet för alla bränslen).

Beräkningar görs både för användning i lätta och tunga fordon. Emissionsdata hämtas från databanken i de två olika modellerna Environmental Impact Points, UBP 06 European Eco-indicator 99. Emissionsvärdena framgår inte i rapporten. För lätta fordon används bilar i "Golfklassen" och resultaten jämförs med resultaten om emissionsgränserna i EURO III, Euro IV och EURO V används i stället. Jämförelsen visar att i rapporten har fordon med något högre emissioner använts. Resultaten anges räknat per personkilometer för lätta fordon och per tonkm för tunga fordon.

Olika känslighetsanalyser genomförs i rapporten, exempelvis förändring i påverkan vid 1 % respektive 10 % i metanläckage från uppgradering av biogas respektive 0, 0,5 eller 1,5 % av produktionen av sockerrörsetanol på mark i Brasilien där det tidigare växt regnskog.

Viktiga antaganden/ingångsdata:

- Enbart användningen av fossil energi i bränslets livscykel anges dvs om produktionen och framställningen av ett bränsle kräver en stor energiinsats så redovisas det inte i resultaten om det är biomassa som använts. På samma sätt redovisas nettoenergiutbyte enbart med hänsyn tagen till fossil energiinsats.
- Allt energibehov för framställningen av etanol från sockerrör och sockerhirs antas täckas genom förbränning av bagasse.
- För biogas från jordbruksgrödor görs bara en livscykelanalys med gräs som råvara. Uppgifter har hämtats från en anläggning som byggdes för produktion av fibrer och biogas. Till biogasen har 9 % allokerats och antagandena anges vara osäkra.
- Anläggningen för biogasproduktion från gödsel/avfall är en liten anläggning med 300 m³ i rökammavolym.

Slutligen jämförs resultaten med två andra stora studier Concawe (JRC-studien) samt VIEWLS. En figur från denna jämförelse presenteras nedan trots att det egentligen inte ingår i detta uppdrag att presentera data, men den ger en bra uppfattning om ungefärliga förhållanden mellan aktuella drivmedel samt visar på den stora spridningen som finns mellan olika LCA-analyser beroende på vilka antaganden som görs. T ex vid allokering baserat på ekonomisk

värde så kan en förändring i energipris eller pris på foder, innebära en betydande förändring i fördelningen av emissioner och energibehov.

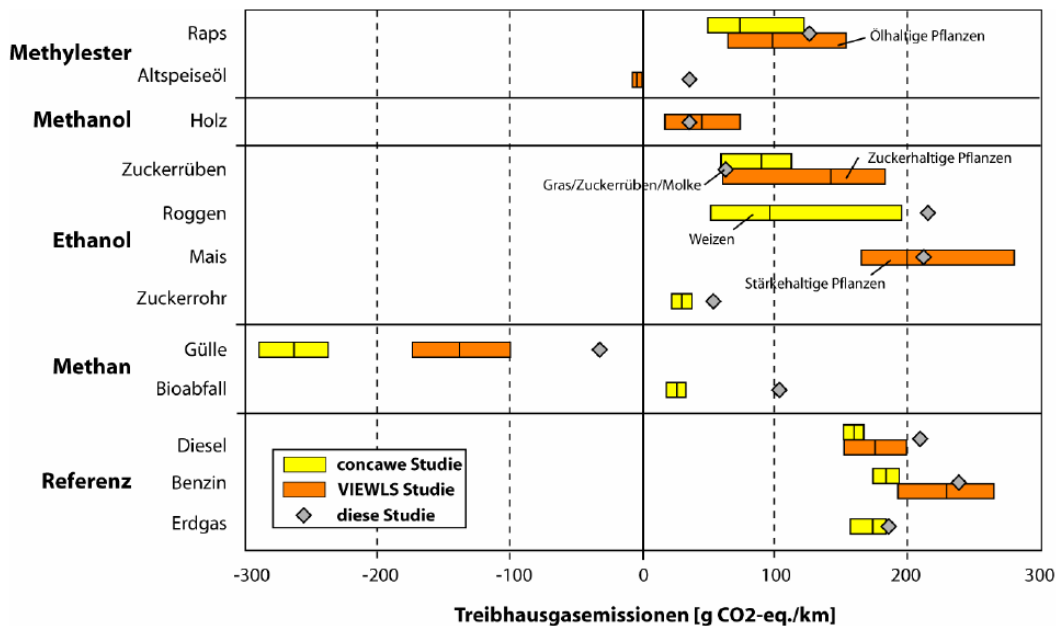


Abbildung 125 Vergleich der Treibhausgasemissionen aus dieser Studie mit den Ergebnissen zweier Metastudien

Observera att anledningen till att etanol från sockerbetor är i nedre spannet jämfört med de andra två studierna beror på att i den schweiziska studien har även avfallsprodukter använts i processen och inte enbart sockerbetor som i studierna från Concawe och VIEWLS.

2.2 BRÄNSLESPECIFIKA LCA-ANALYSER

2.2.1 Biogas

Den senast genomförda livscykelanalysen för svensk biogasproduktion är sju år gammal, Nilsson 2000. Därefter har Börjesson och Berglund gjort flera systemanalyser där biogassystem och referenssystem studeras ur ett livscykelperspektiv där både direkta och indirekta miljöeffekter i systemens olika delsteg studeras. Under 2000-talet har ett flertal europeiska livscykelanalyser genomförts för olika typer av råvaror.

Nilsson 2000

Studien genomfördes som ett examensarbete och använder data för avloppsslam och annat organiskt avfall som rötas i Kalmar biogasanläggning. Den angivna metanemissionen är överskattad för moderna biogasanläggningar eftersom gasuppsamling numera sker efter huvudrötningen. I Nilsson 2000 antogs en metanemission på 7,5 % av rågasmängden. I siffran ingår även en förlust från uppgraderingen på 2 % av inkommande rågas till uppgraderingen.

Börjesson och Berglund 2003

I denna studie analyseras ett antal olika biogassystem med olika kombinationer av råvaror och användningsområden för biogasen. För användning som drivmedel används data från Blinge 1997. I rapporten beskrivs de direkta miljöeffekterna dvs vilka bränslecykelemissioner som olika biogassystem genererar. Därefter jämförs biogassystemens miljöeffekter med miljöeffekterna från de system som ersätts t ex ett annat system för avfallshantering eller ändrad markanvändning sk indirekta miljöeffekter. Ingående data, beräkningar, uppskattningar och resultat är tydligt presenterade vilket innebär att underlaget kan användas för egna beräkningar och analyser vilket också har varit ett av rapportens syfte. Slutligen sammanställs de olika emissionerna till miljöeffektkategorier (växthuseffekt, övergödning, försurning, bildning av fotokemiska oxidanter samt utsläpp av partiklar).

Edelman & Schleiss 2001

I denna rapport från Schweiz jämförs olika metoder (kompostering, förbränning, rötning och kombinationer av kompostering och rötning) för behandling av organiskt hushållsavfall och trädgårdsavfall. Beräkningarna baseras på mätningar på fullskalanläggningar i Schweiz och rapporten är av god LCA-kvalitet men inte helt transparent vilket innebär att det är svårt att se vilka emissioner de olika delarna i biogasproduktionen ger upphov till.

Viktiga antaganden/ingångsdata:

- Systemgränser - fr o m att det sorterade organiska avfallet hämtas hos hushållen t o m att rötrest/kompost används som gödselmedel. Emissioner från byggnation, drift samt rivning ingår i analysen.
- Europeisk elmix.
- Biogasen används i kraft/värmeaggregat.
- I beräkningarna ingår uppmätta metanemissioner från aerob efterbehandling samt biofilter.

ECOINDIKATOR 95+ används för att göra en miljöpåverkansbedömning. Där följande miljöeffektkategorier redovisas, växthuseffekt, övergödning, försurning, tungmetaller, radioaktivitet, utsläpp av partiklar och ozonbildning.

Scholwin et al. 2006

Denna tyska rapport från Institut für Energetik und Umwelt i Leipzig behandlar biogasproduktion från rötning av odlade grödor i kombination med svingödsel eller kogödsel. Livscykelanalysen har genomförts enligt ISO 14040. Biogasproduktionens påverkan på drivhuseffekt, försurning, övergödning samt energiförbrukning har analyserats. Rapporten är av god LCA-kvalitet och är transparent med tydlig redovisning av alla ingående uppgifter. De artiklar som rapporten hämtar uppgifter från är relativt nya - flertalet gjorda kring 2003-2005. För formler och detaljerat beräkningsunderlag hänvisas till en rapport av Michel et al. från 2006, dvs från en av medförfattarna till studien.

Olika kombinationer av gödsel och odlade grödor ingår i beräkningarna, enbart gödsel, 10 %, 30 % samt 100 % odlade grödor. I fallet med 100 % odlade grödor används en växtföljd bestående av majs, vinterråg med klöverinsådd samt klöver. För tyska odlingsförhållanden innebär det att under nästan hela året finns det växande gröda att tillföra rötchammaren. Växtföljden innebär också minskade risker för växtsjukdomar och angrepp av skadeinsekter vilket medför en minskad besprutning av grödorna.

Viktiga antaganden/ingångsdata:

- Systemgränser - från odlingen av grödor respektive djurhållningen till spridning av biogödseln på åkermark. Emissioner från byggnation, drift samt rivning ingår i analysen.
- Emissioner av koldioxid, metan, ammoniak och lustgas ingår.
- Rötningen sker i betongbehållare med skruvinmatning av ensilage.
- Producerad gas används för el/värmeproduktion i ottomotorer. Jämförelser med dual-fuelmotorer görs också.
- Tysk elmix.
- Rötrestlagret är täckt.
- Producerad el och värme ersätter el från ett kolkraftverk och värme från ett naturgaseldat värmeverk.
- Totalt 1,8 % av producerad mängd metan läcker ut på olika ställen i biogasanläggningen (snittvärde från tyska litteratordata).
- 10 % av producerade elektricitet används internt (snittvärde från tyska litteratordata).
- Resultaten jämförs med en referensanläggning med antingen svin eller mjölkproduktion samt 300 ha åkermark.

I studien påpekas att emissionsuppgifter för enskilda komponenter och anläggningstyper är mycket dåliga och inhomogena. Ändå är det tydligt enligt studien att ökad värmeanvändning samt gastät lagring av rötresterna är de områden som påverkar resultaten mest.

Inom följande områden behöver uppgifter på emissionerna förbättras

- Lagring och ensilering av grödor.
- Inmatningen av grödorna i rötchammaren.
- Emissioner från anläggningen, speciellt täckningen av behållare.
- Emissioner från gasmotorerna (oförbrända kolväten).
- Insatsbehov för olika lagringstekniker.

Pölz & Salchenegger 2005

I denna rapport från Umweltbundesamt i Wien studeras tekniska möjligheter och potentialer med biogas som drivmedel samt dess miljöpåverkan. Resultaten jämförs med emissioner från diesel- respektive naturgasdrivna personbilar. Emissionsdata hämtas från Handbuch Emissionsfaktoren des Strassenverkehrs samt GEMIS 4.2-Österrike. Handboken är ett datorprogram för att beräkna emissioner från fordon och har tagits fram i samarbete med Tyskland, Schweiz och Nederländerna. Uppgifterna kommer från motortester men sedan har dessa räknats om till vilka emissioner som kan förväntas vid verklig körning. GEMIS står för Globales Emissionsmodell Integrierter Systeme och är en tysk modell för livscykelanalyser med emissionsuppgifter för olika typer av energianläggningar, bränslen, transporter, byggnation mm. Modellen som används i studien är en anpassning av den tyska modellen till österrikiska förhållanden från 2004. Modellen finns att köpa via Umweltbundesamt (se länk i referenslistan).

Emissionsdata från livscykelanalyser för fyra olika scenarier för biogasproduktion och avsättning presenteras i studien. De fyra scenarierna är:

- Central biogasanläggning i anslutning till tankställe.
- Central biogasanläggning där renad biogas tillförs befintligt gasnät.
- Decentrala biogasanläggningar i anslutning till tankställe eller befintligt gasnät.
- Idealscenario med central och decentrala biogasanläggningar.

Biogasen produceras från gödsel och majs. Gasproduktion motsvarande minst 1,5 MW (13 GWh/år).

Använda ingångsdata anges tydligt i beskrivningen. Viktiga antaganden/ingångsdata:

- Uppvärmning av rökammaren med biobränsle, i idealfallet värme från elproduktion där värmen inte har belastats med några emissioner.
- 5 % av producerad metan läcker ut till atmosfären vid uppgraderingen, i idealfallet 2 %.
- Biogas/naturgasförbrukningen vid användning i bilen är 6,2 kg/100 km, i idealfallet 5,5 kg/100 km.

Resultaten presenteras i gram per personkilometer för CO₂-ekvivalenter, NO_x, SO₂ och partiklar.

Braun & Laaber 2007

Från 41 fullskaleanläggningar i Österrike har detaljerade data samlats in under två år. De insamlade uppgifterna har använts för att bestämma energiverkningsgraden i de olika systemen. Analysen omfattar anläggningar som rötar olika typer av material, från anläggningar som enbart använder odlade grödor, gödsel eller avfall till olika blandningar av dessa material. Hela kedjan från odling alternativt insamling till återföring av biogödsel och användning av producerad biogas ingår i analysen. Resultaten har presenterats på olika

konferenser under 2007. Inga uppgifter på emissionsdata presenteras utan enbart data avseende energiverkningsgrad, vilket dock medför att eventuella metanförluster bör kunna ingå.

Thyø & Wenzel 2007

Syftet med denna rapport var att genomföra en LCA för Xergis biogasproduktion baserad majsensilage och gödsel. LCA-analysen omfattar energibalanser och växthusgaser. Producerad biogas antas användas för kraftvärmeproduktion där den producerade värmen ersätter naturgas och där elen ersätter marginalet. Beräkningar görs också för användning av biogasen som fordonsbränsle i personbilar och då görs en jämförelse med RME samt etanol från majs (både 1:a generationens etanol baserad på majsorn och 2:a generationens etanol baserad på hela majsplantan). Data baseras på:

- Biogas från majsensilage - Xergis egen teknik och egna data.
- Biogas från gödsel - Xergis egen teknik och egna data.
- RME - Jensen et al. 2007.
- Etanol från majs - både 1:a och 2:a generationen, Dong Energy A/S sk IBUS-teknik

Produktionsteknik, utbyte och gödselhanteringssystem representerar danska förhållanden. Uppgifter på användningen av biodrivmedlen har hämtats från JRC. Samtliga data anges gälla förhållanden från nu och tio år framåt dock är tekniken med användning av hela majsplantan för etanolproduktion ännu under utveckling. Alla ingångsdata anges tydligt i bilagor.

2.2.2 Etanol

För svensk etanolproduktion från vete används både i NTM- och IVL-rapporten data från Almemark et al. 1996. Denna rapport är en teoretisk studie på Norrköpingsanläggningen innan den blev byggd. För sulfidbaserad etanol används data från Blinge et al. 1997 både i NTM- och IVL-rapporten. Detta innebär att de svenska studierna som vanligen används när livscykeldata presenteras för etanol är minst tio år gamla.

Ingen analys görs därför av dessa svenska rapporter utan arbetet har inriktats på att finna senare utförda livscykelanalyser utanför Sverige. LCA-data för etanolproduktion från ett antal olika produktionskedjor finns redovisade i de europeiska sammanställningar (Zah 2007, Quirin 2004, JRC 2007) som diskuteras i kapitel 2.1.2. Etanolproduktionen från sockerrör i Brasilien förväntas svara för en betydande del av Sveriges etanoltillförsel och därmed har livscykelanalyser för denna produktionskedja bedömts vara speciellt intressanta. Förutom de uppgifter som används för sockerrörsetanol i de europeiska sammanställningarna (där det inte helt går att utröna var uppgifter har hämtats) har dock sökningarna enbart resulterat i en livscykelanalys för sockerrörsetanol (Macedo et al. 2004).

Macedo et al. 2004

En komplett databas för sockerrörsindustrin fanns inte tillgänglig när livscykelanalysen gjordes utan författarna valde att använda uppgifter för en specifik industri eftersom dessa uppgifter är tillförlitliga och spårbara. De påpekar också att denna databas är representativ för 85 % av sockerrörsproduktionen i Brasilien. I rapporten används därmed data från företaget Copersugar. Första studien gjordes 1985 men uppgifterna har uppdaterats flera gånger och i

denna rapport gäller uppgifterna för förhållandena i anläggningen 2002. Anläggningen anges vara typisk för etanolproduktionen från sockerrör i Brasilien.

I rapporten ingår enbart emissionen av växthusgaser. I analysen delas emissionen av växthusgaser upp i fyra grupper:

1. Uptag av koldioxid via fotosyntes och utsläpp av koldioxid i samband med eldning av sockerrör på fälten, jäsning av socker, förbränning av bagasse samt användning av etanolen som fordonsbränsle. Kretsloppet av kol i grupp 1 antas vara noll.
2. Koldioxidemissioner i samband med användning av fossila bränslen vid odling och skörd, framställning av etanolen samt för tillverkning av kemikalier, utrustning och byggnader.
3. Emissioner av metan och dikväveoxid vid eldning av sockerrör på fälten, nedbrytning av konstgödsel på fälten samt vid förbränning av bagasse och användning av etanol i fordonen.
4. Emissioner som skulle uppkommit om inte etanol använts som drivmedel samt överskottsbagasse istället för olja. Produktionen av bagasse är större än vad som krävs för etanolframställningen och detta överskott (8-15 %) kan användas för att ersätta energi i andra industrier. För att få samma allokering som i många andra studier så kan denna andel räknas bort från de emissioner som ska belasta etanol. Detta görs inte i rapporten men är möjligt att göra med de uppgifter som finns i rapporten. I Blinge 2006 görs denna beräkning.

Antaganden, emissioner av växthusgaser och energiförbrukning för de olika stegen i livscykelanalysen redovisas detaljerat och tydligt i rapporten och i tillhörande bilagor. T ex anges att 35 % av skörden sker maskinellt, 65 % sker manuellt och att 80 % av skörden sker med eldning av bagassen före skörd och 20 % utan eldning av bagassen före skörd. Med utgångspunkt från redovisade data skulle det vara möjligt att beräkna energiförbrukning och emissioner av växthusgaser om t ex 100 % av skörden sker maskinellt.

Eftersom livscykelanalysen avser användning av etanolen i Brasilien ingår inte transport till Sverige (en översiktlig beräkning har gjorts i Blinge 2006).

Påpekas kan att rapporten inte finns i referenslistan hos Zah et al 2007. En förklaring till detta kan vara att rapporten enbart behandlar växthusgaserna.

2.2.3 RME

Blinge 2006 och Uppenberget et al. 2001 rekommenderar att använda Blinge et al. 1997 eftersom inga senare referenser för svenskodlad RME har hittats. Det finns ett flertal studier från Europa med varierande resultat och därför var Blinges bedömningen att det är bättre med tio år gamla data som gäller för Sverige än att använda modernare data från produktion i Syd- och Mellaneuropa. Vid RME-produktion står N_2O och även CH_4 för en betydande del av de totala växthusgaserna. Det framgår inte av Blinge 2006 varför data inte har hämtats från Bernesson 2004 som är en svensk livscykelanalys för RME-produktion.

Bernesson, 2004

Livscykelanalysen i rapporten (doktorsavhandling inkl fyra papers) utgår från ett småskaligt system för framställning av RME. Därefter studeras vilken inverkan en övergång till ett system i mellanstor skala respektive ett storskaligt system har på energibalans och miljöeffekter (emissioner till luft). Växthuseffekt, försurning, övergödning samt bildning av fotokemiska oxidanter är de miljöeffektkategorier som studeras. Livscykelanalysen för RME jämförs även med en livscykelanalys för etanol samt även översiktligt med biogas (med 3 % i metanläckage från uppgraderingen). För RME-produktionen används data från egna försök samt litteratordata bl a från Kaltschmitt & Renardt 1997. Uppgifter för framställningen av etanol har hämtats från Jacques et al. 1999 och Agroetanol 2003. Emissionsdata för användningen har hämtats från mätningar på tunga lantbruksmaskiner inom ett projekt vid Institutet för jordbruks- och miljöteknik (JTI) i Uppsala (Lindgren et al. 2002).

I rapporten inklusive tillhörande papers redovisas tydligt ingående data och vilka antagande som görs med avseende på t ex allokering, transportsträckor och energiförbrukning i de olika processtegen.

I rapporten konstateras att skillnaden i miljöpåverkan och energieffektivitet mellan småskaligt och storskaligt är i det närmaste försumbara. Däremot har allokeringen av biprodukterna en avgörande betydelse för resultaten. I rapporten redovisas emissionen av växthusgaser per MJ bränsle med olika allokeringsmetoder (ekonomisk, fysikalisk samt vid utvidgat system). Den största delen av energiåtgång och miljöpåverkan vid framställningen av respektive drivmedel kommer från odlingen av raps respektive vete.

Vid en analys av ingående uppgifters tillförlitlighet anser författaren att de i huvudsak är av tillräcklig kvalitet för att analysens resultat ska vara rättvisande. Emissioner orsakade av markanvändningen lyfts dock fram som mest osäkra t ex varierar emissionen av NH₃ och N₂O betydligt mellan olika referenser. Eftersom emissionerna i samband med odlingen svarar för den övervägande delen av de totala emissionerna vid framställningen av biodrivmedel så påverkas slutresultatet markant av emissionerna från markanvändningen. Jämfört med andra studier avseende RME-produktion stämmer resultaten relativt väl om hänsyn tas till att exempelvis odlingsförhållandena skiljer sig åt från tyska studier (Reinhardt & Gärtner 2002).

2.3 EMISSIONSDATA FÖR FORDON

Avseende användningen av bränslet så har de flesta livscykelstudierna gjorts för lätta fordon och ofta hänvisas till uppgifter från JRC:s Well-to-Wheelstudie men även till andra sammanställningar av emissionsdata t ex GEMIS. I Zah et al. görs även LCA-analyser för användning av bränslet i tunga fordon men inga specifika emissionsdata anges utan hänvisning görs till Databanken Ecoinvent.

I Larssons rapport redovisas schablonvärden för avgasutsläpp från lätta fordon som körs på olika drivmedel. Utsläpp av kolväten, NO_x samt partiklar redovisas för E85, biogas och RME. Förslag till utsläppsdata presenteras för olika årsmodeller och miljöklasser. Motivering för valda värden anges och baseras på en kombination av rapporter, mätningar och certifieringsvärden.

Emissionsdata för användning av drivmedel i tunga fordon kan hämtas från tester utförda vid VTT i Finland samt från NREL (National Renewable Energy Laboratory). Både i USA och i Europa sker avgascertifiering av tunga motorer med motor monterade i en provbänk. Därmed visar inte proven hur emissionerna ser ut vid verklig körning då fordonets utformning, körsätt, drivlina mm påverkar bränsleförbrukning och emissioner. Vid VTT:s testlaboratorium har ett flertal testserier utförts på ett 40-tal diesel- och naturgasdrivna bussar under 2000-talet (Nylund 2007, Nylund 2004). I Nylund 2007 presenteras data från ett samarbetsprojekt mellan VTT, Environment Canada och West Virginia University. Testerna har utförts enligt olika körcykler, certifieringsklasser, laster och körsträckor. VTT har därmed en omfattande databank på bussars emissionsprestanda.

Under 2004 testades bussar i ett projekt som utfördes av NREL (Melendez et al. 2005). Projektets målsättning var att utvärdera emissioner från gasdrivna bussar med oxidationskatalysator och jämförbara dieselbussar med partikelfilter och i vissa fall även rökgasrecirkulation. Projektet genomfördes inom ramen för DOE's Clean Cities program för att ersätta fossila drivmedel med förnybara drivmedel. Både reglerade och icke-reglerade emissioner ingick i testerna bl a kolväten, koloxid, kväveoxider, partiklar och giftiga ämnen. Vid NREL finns en databank med emissioner från olika fordon och drivmedel.

Den senaste svenska rapporten som har sammanställt emissionsdata från bussar har utförts av Transek (Transek 2006) och är en revidering av NTM-data. I rapporten konstateras att dataunderlaget för etanolbussar är dåligt. Därför har data som togs fram till KFB (Kommunikationsforskningsberedningen) för drygt 10 år sedan använts. I rapporten från Transek nämns att det finns data inom NTM för etanolbussar. Värdena baseras på testbänkskörningar som presenterats av Scania men de finns inte officiellt presenterade utan har förmedlats genom personlig kommunikation.

För RME har inga nyare mätdata på emissioner vid användning i tunga fordon hittats än de som används i IVL:s Miljöfaktabok för bränslen. De uppgifter som används av IVL har hämtats från Blinge 1996 som i sin tur har hämtat uppgifter från 1994. I Bernesson 2004 finns mätdata från 2002 på emissioner vid användning av RME i tunga lantbruksmaskiner.

3 SLUTSATSER

Det kan konstateras att nyare svenska livscykelanalyser saknas för etanol och biogas. För biogas är den senaste från år 2000 och för etanol från svenskt vete från 1996. För RME finns däremot en livscykelanalys från 2004.

I Europa har det under de senaste tre åren gjorts flera omfattande studier som jämför livscykelanalyser för aktuella drivmedel. Vissa av studierna behandlar dock bara energibalanser och emission av växthusgaser. Nya data har tagits fram i livscykelanalyser utförda för biogasproduktion i Tyskland, Österrike, Danmark och Schweiz. För etanolproduktion finns det livscykelanalyser utförda för bl a produktion från vete och sockerrör.

I den nyligen genomförda schweiziska studien (Zah et al 2007) behandlas flertalet produktionskedjor som är aktuella för biogas, etanol och RME med undantag för odlade

energigrödor för biogasproduktion. I rapporten presenteras inte alla ingångsdata men resultat och viktiga antaganden redovisas. En miljöpåverkansbedömning enligt två olika modeller genomförs och påverkan på växthuseffekt, försurning, ozonbildning, utsläpp av partiklar och övergödning presenteras. I miljöpåverkansbedömningen ingår användning av bioråvaran som drivmedel och för värme- och/eller elproduktion. Eftersom allokering enligt ekonomiskt värde ofta används i rapporten kan t ex skillnad i elpris mellan Sverige och Schweiz innebära att motsvarande LCA-analys för svenska förhållande skulle få ett delvis annat resultat. I studien hänvisas även till andra sammanställningar t ex Quirin et al 2004 och JRC:s Well-to-Wheel-studie. Det finns därmed en viss risk för att det är "rundgång" i uppgifterna.

En livscykelanalys avseende produktionen av sockerrörsetanol har hittats. Rapporten (Macedo et al. 2004) redovisar antaganden och data för etanolproduktionen från sockerrör i Brasilien. Uppgifterna kommer från en specifik produktionsanläggning som bedöms vara representativ för 85 % av produktionen i Brasilien. Med utgångspunkt från redovisade data är det möjligt att beräkna energiförbrukning och emissioner av växthusgaser om skörden sker maskinellt dvs utan den manuella arbetskraft som idag till stor del svarar för skörden. Analysen omfattar enbart emissioner av växthusgaser samt energiåtgång dvs här saknas uppgifter på övriga emissioner och även data för transporten till Sverige. I de europeiska sammanställningarna anges dock miljöpåverkanfaktorer där även data på övriga emissioner bör ingå. Det har dock inte varit möjligt att få fram varifrån dessa uppgifter har hämtats.

Fyra livscykelanalyser för biogasproduktion i Europa har identifierats i denna studie;

- Edelman & Schleiss 2001 från Schweiz som analyserar rötning av avfall.
- Scholwin et al. 2006 från Tyskland som analyserar rötning av gödsel och grödor.
- Pölz & Salchenegger 2005 från Österrike som analyserar rötning av gödsel och majs.
- Thyø & Wenzel 2007 från Danmark som analyserar rötning av gödsel och majs.

Vissa brister finns i dataunderlaget (vilket även påpekas i rapporterna) exempelvis avseende energibehov och emissioner vid lagring, ensilering och inmatning av grödorna.

Metanutsläppen från en biogasanläggning med tillhörande uppgradering behöver också verifieras. I de europeiska livscykelanalyserna görs t ex antagandet att i idealfallet kan metanförlusterna uppgå till 2 %. I samband med det sk Frivilliga åtagandet, som har initierats av Avfall Sverige, kommer en inventering av biogasanläggningarnas metanutsläpp att göras. När systemet har införts kommer det att kunna utgöra underlag i en LCA-analys.

Flera av rapporterna påpekar att påverkan på emissionen av växthusgaser vid odling av energigrödor är ett område som behöver belysas mer och det gäller då för alla typer av odlade grödor. Eftersom N₂O är en kraftfull växthusgas blir påverkan på den totala emissionen av växthusgaser betydande. Beroende på ett komplext förhållande mellan jordmån, odlingsteknik och klimat kan N₂O-emissionen variera kraftigt. En nyligen publicerad studie (Crutzen et al. 2007) visar på vikten av att inte använda grödor som kräver mycket gödsling eftersom N₂O-läckaget från odlingen riskerar att i värsta fall öka emissionen av växthusgaser jämfört med användning av fossila drivmedel.

Påpekas bör också att resultaten från en livscykelanalys måste uppdateras inte bara baserat på förändringar i produktionssätt, nya emissionsdata mm utan även beroende på förändringar i de förhållanden som gällde vid allokeringen exempelvis vid allokeringen baserat på ekonomiskt värde påverkas resultatet kraftigt av ett förändrat energipris eller foderpris.

Avseende användningen av bränslet så har de flesta livscykelstudierna gjorts för lätta fordon och ofta hänvisas till uppgifter från JRC:s Well-to-Wheelstudie. I Zah et al. görs även LCA-analyser för användning av bränslet i tunga fordon men inga specifika emissionsdata anges utan hänvisning görs till Databanken Ecoinvent. Emissionsdata för gasdrivna tunga fordon kan hämtas från tester utförda vid VTT i Finland samt från NREL i USA. Däremot har inga nyare mätningar på emissioner från RME- och etanoldrivna tunga fordon redovisats i offentliga rapporter.

Summering/Förslag på fortsatt arbete

- Det finns i princip data att hämta i de olika studierna för aktuella drivmedelskedjor framförallt avseende växthusgaser.
- Uppgifter för brasiliansk sockerrörsetanol exkl växthusgaser och energiåtgång finns ej redovisade men bör finnas som bakgrundsmaterial i exempelvis Zah et. al eftersom den rapporten redovisar miljöpåverkansfaktorer där övriga emissioner ingår.
- Allokeringen av data och olika antaganden som görs kan spela en större roll för resultaten av LCA:n än specifika emissionsdata.
- Emissionsdata för RME- och etanoldrift i tunga fordon behöver kompletteras.

Med utgångspunkt från befintliga data som redovisas i studierna kompletterat med direkt kontakt med författarna för att klargöra vissa uppgifter, framförallt emissioner från sockerrörproduktionen i Brasilien, kan en LCA för olika biodrivmedel till Sverige tas fram. Behovet av nya data avseende emissioner för tunga fordon med RME- och etanoldrift kan eventuellt uppfyllas genom kontakt med VTT (www.vtt.fi) respektive NREL (www.nrel.gov) eftersom de enligt uppgifter på respektive hemsida har en omfattande databank.

Genom att använda i huvudsak befintliga data men göra egna värderingar, känslighetsanalyser, antaganden, allokeringar mm kan studien anpassas till svenska förhållanden och i möjligaste mån baseras på lika förutsättningar för de olika bränslena. Arbetet föreslås fokusera på de mest relevanta drivmedelskedjorna:

- Etanolproduktion från sockerrör.
- Etanolproduktion från vete.
- Biogasproduktion från avfall i samrötningsanläggningar.
- Biogas från gödsel.
- Biogas från grödor.
- RME från raps.

4 REFERENSLISTA

Aako et al. 2003 *Particle emissions at moderate and old temperatures using different fuels*, Aako, P., Nylund, P-O., VT Processes, SAE Technical Paper Series 2003-01-3285

Anker & Wenzel 2007 *Life Cycle Assessment of Biogas from Maize silage and from Manure*, Anker Thyø, K., Wenzel, H., Xergi A/S

Agroetanol 2003. www.agroetanol.se

Auer et al. 2006 *Ethanol vs. Biogas used as car fuels*, Auer, S., Haulio, M., Lekawska, L., Sonnleitner, M., KTH

Bernesson 2004 *Farm-scale Production of RME and Ethanol for Heavy Diesel Engines*, Bernesson, S., SLU

Blinge 2006 *Alternativa drivmedel, Emissioner och energianvändning vid produktion*, Blinge, M., NTM

Braun & Laaber 2007 *Energy Efficiency in Energy Crop Digestion*, Braun, R., Laaber, M., IEA Bioenergy Task 37 Berlin maj <http://www.iea-biogas.net/publicationspublicberlin.htm>

Börjesson och Berglund 2003 *Miljöanalys av biogassystem*, Börjesson, P., Berglund, M., Rapport 45, avd för miljö- och energisystem, LTH

Cardona Alzate & Sanchez Toro 2005 *Energy Consumption analysis of integrated flowsheets for production of fuel ethanol from lignocellulosic biomass*, National University Columbia

Crutzen et al. 2007 *N₂O release from fertilizer use in biofuel production*, Atmos. Chem. Phys. Discuss., 7, 11191-11205

Edelmann & Schleiss 2001 *Ökologischer, energetischer und ökonomischer Vergleich von Vergärung, Kompostierung und Verbrännung fester biogener Abfallstoffe*, BFE und BUWAL [http://www.fnr-server.de/pdf/literatur/pdf_273ie%20\(2007\)%20endbericht_oekobilanzen_final.pdf](http://www.fnr-server.de/pdf/literatur/pdf_273ie%20(2007)%20endbericht_oekobilanzen_final.pdf)

GEMIS <http://www.umweltbundesamt.at/en/ueberuns/produkte/gemis/>

IEA 2004 *Biofuels for transport*, International Energy Agency, Paris

Jacques et al. 1999 *The alcohol Textbook 3rd edition A reference for the beverage, fuel and alcohol industries*, Jacques, K.A., Lyons, T.P., Kelsall, D.R., Nottingham University Press, UK ISBN 1-897676-73-5

Kaltschmitt & Renardt 1997 *Nachwachende Energieträger. Grundlagen, Verfahren, Ökologisch Bilanzierung*, Kaltschmitt, M., Reinhardt, G.A., ISBN 3-528-06778-0

Larsson 2006 *Avgasutsläpp från lätta fordon som körs på alternativa drivmedel*, Larsson, M-O., Miljöinfo AB, NTM

Lindgren et al. 2002 *Jordbruk och anläggningsmaskinernas motorbelastning och avgasemissioner*, Lindgren, M., Pettersson, O., Hansson, P.-A., Norén, O., JTI-rapport Lantbruk&Industri 308

Macedo et al. 2004 *Assessment of greenhouse gas emissions in the production and use of ethanol in Brazil*, Government of the state of São Paulo, Brasilien http://www.unica.com.br/i_pages/files/pdf_ingles.pdf

Melendez et al. 2005 *Emission Testing of Washington Metropolitan Area Transit Authority (WMATA) Natural Gas and Diesel Transit Buses*, Melendez, M., Taylor, J., Zuboy, J., Wayne, W.S., Smith, D., Technical Report NREL/TP-540-36355 www.nrel.gov/docs/fy06osti/36355.pdf

Michel et. al. 2006 *Ökologische und ökonomische Bilanzierung,, Biogas im ökologischen Landbau* Michel, J., Weiske, J., Kaltschmitt, M., Universität Gießen

Mortimer et al. 2004 *Energy and greenhouse gas emissions for bioethanol production from wheat grain and sugar beet*, Mortimer, N.D., Elsayed, R.E., Horne, R.E., British Sugar

Nilsson 2001 *Livscykelinventering för biogas som fordonsbränsle*, Del 1: Nilsson, M., Kalmar Högskola, Del 2: Dahl, A., Linné, M., BioMil AB, SGC-rapport 117 <http://www.sgc.se>

Nylund 2004 *Transit Bus Emission Study: Comparison of Emission from Diesel and Natural Gas Buses*, Nylund, N-O., Erkkilä, K., Lappi, M., Ikonen, M., VTT

Nylund 2007 *Evaluation of duty cycles for heavy-duty urban vehicles*, Nylund, N-O., Erkkilä, K., VTT, Clark, N., West Virginia University, Rideout, G., Environment Canada <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2007/T2396.pdf>

Punter 2004 *Well-to-Wheel Evaluation for Production of Ethanol from Wheat* FWG-P-04-024 <http://www.lowcvp.org.uk/>

Pözl & Salchenegger 2005 *Biogas in Verkehrssektor, Technische Möglichkeiten, Potential und Klimarelevanz*, Pözl, W., Salchenegger, S., Umweltbundesamt 2005 <http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/BE283.pdf>

Quirin et al. 2004 *CO₂-Mitigation through Biofuels in the Transport Sector - Main Report*, Quirin, M., Gärtner, S.O., Pehnt, M., Reinhardt, G.A., IFEU, Germany

Reinhardt & Gärtner 2002 *Biodiesel or pure rapeseed oil for transportation: Which is best for the environment*, Reinhardt, G:A., Gärtner, S.O., 12 th European Conference on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection,

Scholwin 2006 *Ökologische Analyse einer Biogasnutzung aus nachwachsenden Rohstoffen*, Scholwin, F., Michel, J., Schröder, G., Kalies, M., Institut für Energetik und Umwelt, Leipzig

Serves 2005 *Emissions from Flexible Fuel Vehicles with different ethanol blends*,
Serves, C., AVL MTC 5509

TNO report, 2003 *Evaluation of the environmental impact of modern passenger cars on petrol, diesel, automotive LPG and CNG*, TNO report 03. OR.VM.055.1/PHE

Thyø & Wenzel 2007 *Life Cycle Assessment of Biogas from Maize silage and from Manure*,
Anker Thyø, K., Wenzel, H., Xergi A/S
http://www.landbrugsraadet.dk/getMedia.asp?mb_GUID=0C3E838A-924F-42B4-BCCB-0CF37ECC3D5C.pdf

Transek 2006 *Revidering av NTM-data för resor med kollektivtrafik* Franzén,U., Blinge, M.,
Bäckström, S., Dickinson, J., Transek 2006:33

Uppenberg et al. 2001 *Miljöfaktabok för bränslen*, Uppenberg, S., Almemark, M., Brandel,
M., Lindfors, L-G., Marcus, H-O., Stripple, H., Wachtmeister, A., Zetterberg, L.,
IVL-rapport B 1334-2A och B

*Well-to-Wheel Analysis of Future Automotive Fuels and Powertrains in the European
Context*, Concawe, EUCAR och JRC, Version 1b Jan 2004 <http://ies.jrc.ec.europa.eu/WTW>

Zah et al. 2007, *Ökobilanz von Energieprodukten: Ökologische Bewertung von
Biotreibstoffen*, Zah, R., Böni, H., Gauch, M., Hischer, R., Lehmann, M., Wäger, P.,
Empa Schweiz
<http://www.bfe.admin.ch/dokumentation/energieforschung/index.html?lang=de&project=100653#suchergebnisse>



Scheelegatan 3, 212 28 Malmö • Tel 040-680 07 60 • Fax 040-680 07 69
www.sgc.se • info@sgc.se
