

Andra generationens biodrivmedel

En litteraturöversikt

Annelie Carlson
Hans Antonson

Förord

Detta notat har skrivits inom ramen för ”TEMA Transportsystemet och klimatförändringar” på VTI (Statens väg- och transportforskningsinstitut) och som bedrivs i syfte att bredda kunskapen inom klimat och transporter. Huvudförfattaren till notatet är Annelie Carlson och medförfattare Hans Antonson har bidragit med sin expertis inom landskapsfrågor. Annika Jägerbrand och Svante Mandell har stöttat projektet i dess tidiga fas och Lars Eriksson har bistått med värdefulla kommentarer till rapporten.

Linköping november 2011

Annelie Carlson

Kvalitetsgranskning

Intern peer review har genomförts 2011-11-29 av Lars Eriksson. Annelie Carlson har genomfört justeringar av slutligt rapportmanus 2011-11-29. Projektledarens närmaste chef, Maud Göthe-Lundgren, har därefter granskat och godkänt publikationen för publicering 2011-12-07.

Quality review

Internal peer review was performed on 2011-11-29 by Lars Eriksson. Annelie Carlson has made alterations to the final manuscript of the report. The research director of the project manager, Maud Göthe-Lundgren, examined and approved the report for publication on 2011-12-07.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	5
Summary	7
1 Inledning	9
1.1 Bakgrund	9
1.2 Syfte	10
1.3 Metodik	10
2 EU-dokument	11
2.1 Vitbok	11
2.2 Förnybarhetsdirektivet	11
3 Biodrivmedel	13
3.1 Använd och producerad mängd biodrivmedel	14
3.2 2:a generationens biodrivmedel	15
4 Energi- och miljöaspekter	24
4.1 Energianvändning i ett livscykelperspektiv	26
4.2 Växthusgasutsläpp	29
4.3 Energianvändning i relation till växthusgasutsläpp	31
4.4 Markanvändning	32
5 Biodrivmedel i framtiden	35
5.1 Potentiell tillgång av biomassa för energiändamål	35
5.2 Potentiell framtida användning av biodrivmedel	36
5.3 Uppskattad kostnadsutveckling	37
6 Diskussion	38
7 Referenser	41
7.1 Artiklar och rapporter	41
7.2 Hemsidor	45

Bilaga

Bilaga 1 Nomenklatur och omvandlingstabell energi

Andra generationens biodrivmedel – en litteraturöversikt

av Annelie Carlson och Hans Antonson
VTI
581 95 Linköping

Sammanfattning

Ett av de transportpolitiska målen är att Sverige ska ha en fossiloberoende fordonsflotta 2030. Ett led i att uppnå detta är att ersätta fossila bränslen med förnybara drivmedel som baseras på biomassa. Syftet med denna rapport är att göra en kunskapsöversikt av andra generationens biodrivmedel avseende produktionsteknik, användning, energi-effektivitet, utsläpp av växthusgaser och problematiken med markanvändning.

Etanol från stärkelse och biodiesel från växtolja, som hör till den första generationens drivmedel, har ett antal begränsningar med utnyttjandet som gör att det inte är långsiktigt hållbart att utöka användningen. Istället beräknas att andra generationens biodrivmedel, som använder cellulosa-rik råvara, ska ha en betydligt bättre möjlighet att ersätta fossila drivmedel. De har högre energieffektivitet och lägre totala växthusgasutsläpp jämfört med första generationens biodrivmedel och använder råvaror som inte direkt konkurrerar med livsmedel eller om markanvändning för livsmedelsproduktion. Man räknar även med att de nya drivmedlen ska kunna ersätta en del av de bränslen som används inom flygtransporter, vilket inte är möjligt med dagens alternativ.

För att en utökad biodrivmedelsproduktion ska vara hållbar gäller det att undvika att det uppstår negativa effekter på miljön som påverkan på biologisk mångfald och markförsämring. För att säkerställa detta finns numera ett hållbarhetsdirektiv som fastställer hur detta ska ske. Dessutom är det viktigt att se till att produktionen sker på ett så effektivt sätt som möjligt ur resurs-, miljö- och kostnadsperspektiv. De övriga begränsningar som finns gäller framförallt tekniska och ekonomiska barriärer, vilka kommer att hindra kommersialiseringen på kort sikt. För att inom en rimlig tidsram få till en fungerande marknad är det också av vikt att andra generationens biodrivmedel stöds av olika styrmedel som gör dem konkurrenskraftiga. Eftersom inget enskilt biodrivmedel beräknas kunna ge tillräckliga mängder för att kunna tillgodose en stor efterfrågad volym på marknaden gäller det att utforma stöden så att man undviker inlåsnings effekter som inte är långsiktigt försvarbara. Eftersom även förnybara råvaror kan bli en bristvara ska man inte enbart förlita sig på att mer biodrivmedel ska lösa koldioxidproblematiken inom transportsektorn. Det är viktigt att fortsätta med effektiviseringen av energianvändningen för att få ner de totala energibehoven.

Intressanta forskningsfrågor inom detta område kan till exempel vara att närmare undersöka olika drivmedelskedjor ur ett livscykelperspektiv och för olika miljöaspekter. Även effekterna av odling av bioenergi på mark i kulturmiljö är ett område som nästan inte alls behandlats. Det är också intressant att vidare studera kostnader och hur man med bioenergikombinat kan utnyttja råvaran på bästa sätt för att effektivisera produktionsprocesser. Även frågan om marknadsintroduktion är av vikt där det kan undersökas inom vilket segment av transporter där biodrivmedel kan göra mest nytta. I sammanhanget är också styrmedel av intresse och hur de ska utformas och kombineras för att nå en önskvärd utveckling på lång sikt som är ekonomisk och ekologiskt hållbar.

Second-generation biofuels – a literature survey

by Annelie Carlson and Hans Antonson

VTI (Swedish National Road and Transport Research Institute)

SE-581 95 Linköping Sweden

Summary

One of the transport policy objectives in Sweden is that the vehicle fleet should be fossil independent by 2030. Part of achieving this is to replace fossil fuels with renewable fuels based on biomass. The purpose of this report is to make a knowledge-based overview of second-generation biofuels production technologies, use, energy efficiency, greenhouse gas emissions as well as the problems of land use.

First-generation fuels such as ethanol from starch and biodiesel from plant oil, have a number of limitations, which means they are not a sustainable solution in the long run. The anticipation is instead that the second-generation biofuels, which use cellulosic material, have a better potential to replace fossil fuels. These biofuels have higher energy efficiency and lower overall greenhouse gas emissions compared with the first-generation biofuels. Also, they use raw materials that do not directly compete with food or with land use for food production. It is also predicted that the new biofuels can replace some of the fuels used in air transport, which is not possible with today's options.

For an increased biofuel production to be sustainable it is important to avoid negative effects on the environment, which for instance can be effects on biodiversity, land degradation, and that the cultivation of crops for biofuels will be on sensitive land areas. To ensure this is not happening there is a European directive stating how this should be performed. In addition, it is important to ensure that production is carried out as efficiently as possible from the perspectives of resources, environment and costs. Other restrictions apply in particular for technical and economic barriers, which will impede the commercialisation in the short run. To have a functioning market within a reasonable time frame, it is also important that the second-generation biofuels are supported by different instruments which will make them competitive. Because no single biofuel is foreseen to provide sufficient quantities to meet a demand of large volumes, it is imperative that the financial and administrative instruments do not lead to solutions that are not justifiable in the long run. And since even renewable raw materials could become scarce, we should not only rely on replacing fossil fuel with more biofuels. It is also important to continue with the making the energy use more efficient in order to reduce total energy needs.

Possible research within this field can for instance be to continue with the life cycle studies of fuel chains and with focus on different environmental aspects. Furthermore, an area that is scarcely covered is the effects on natural heritage due to cultivation of energy crops. It is also interesting to study the possibilities to make the production of biofuel more cost- and resource efficient, for example in bioenergy combine production. The question about market introduction is also important where one could investigate in what segment of the transport sector biofuel would have the best potential and benefits. In this context, economic and administrative instruments could be of interest to study as well as how they should be designed and combined in order to lead to a biofuel market that in the long run is economically and ecologically sustainable.

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Transportsektorn står för en betydande del av energianvändningen i Europa och den är samtidigt den sektor vars energibehov växer snabbast. Inom EU uppgick den till ca 32 % av den slutliga energianvändningen år 2008 (Eurostat 2010a). I Sverige har transportsektorns energianvändning ökat med ungefär 80 % mellan 1970 och 2009 och utgör i dagsläget ca 25 % av den totala slutliga energianvändningen i landet (Energimyndigheten 2010). Av alla transportslagen är det vägtransporterna som använder mest energi och bränsleförbrukningen består nästan uteslutande av fossila bränslen, vilket innebär att den sektorns energianvändning även är en betydande källa till utsläpp av växthusgaser. Till exempel minskade de totala utsläppen av växthusgaser i Sverige med 4 % mellan 1990 och 2008 men transporterna ökade under samma tid sina växthusgasutsläpp med 33 % och idag står de för cirka 40 % (www.trafikverket.se). För att möta de ökade kraven på minskat beroende av fossila bränslen och minskade utsläpp av växthusgaser är det viktigt att få till en omställning inom transportsektorn. Från politiskt håll vill man därför intensifiera utvecklingen med att få en transportsektor som är mer energieffektiv och med en högre andel förnybara drivmedel. Det ska bland annat uppnås genom krav på användning av förnybara drivmedel samt genom begränsningar av hur mycket utsläpp ett fordon får släppa ut. Till exempel har EU-kommissionen antagit mål om att energieffektiviteten i samhället ska förbättras med 20 % och att 10 % av sålda drivmedel ska vara biobaserade till år 2020 samt att man till 2012 satt en genomsnittlig gräns på utsläpp för nya personbilar på 130g CO₂ per km. För Sveriges del ska transportsektorn bidra till att målet om minskad klimatpåverkan uppnås, vilket ska ske genom högre energieffektivitet och att beroendet av fossila bränslen ska brytas. Förutom de mål som fastställts inom EU är ambitionen att Sverige från och med 2030 ska ha en fordonsflotta som är fossiloberoende (Prop. 2008/09:162, Prop. 2008/09:163).

Att ta fram alternativ till fossila bränslen som baseras på förnybara råvaror är ett sätt att nå målen och biodrivmedel anses ha fördelar med att kunna leda till lägre växthusgasutsläpp och även utsläpp av andra emissioner. Är drivmedlet producerat inom landet ger det också ett minskat importberoende och ger upphov till arbetstillfällen (Demirbas 2009). Utvecklingen mot mer klimatneutrala drivmedel har kommit igång och på den kommersiella marknaden idag finns de så kallade 1:a generationens drivmedel med etanol, biodiesel och biogas. På senare tid har det dock uppmärksammats att det kan finnas påtagliga begränsningar med dessa drivmedel, där framförallt deras energieffektivitet och möjliga bidrag till att kunna minska nettoutsläpp av växthusgaser har ifrågasatts. Ett problem med att biodrivmedel ska ersätta fossila bränslen är att de som idag finns på den kommersiella marknaden kan vara relativt energikrävande, där energibalansen i vissa fall kan vara negativ, och att användningen i ett livscykelperspektiv kan leda till högre utsläpp av växthusgaser än att fortsätta använda fossila drivmedel (Searchinger m.fl., 2008). Andra argument mot 1:a generationens biodrivmedel är att de baseras på råvaror som antingen kan användas till livsmedel, eller som konkurrerar om samma mark som livsmedelproduktion, och att en del av produktionen inte kommer att kunna uppfylla hållbarhetskriterierna.

Med anledning av de ovan angivna argumenten så är det numera en vanlig uppfattning att 1:a generationens drivmedel inte är tillräckligt bra som substitut till fossila bränslen. För att klara de mål som är uppsatta samtidigt som användningen ska vara hållbar krävs en utveckling som leder till mer energieffektiva biodrivmedel baserade på råvaror som

inte konkurrerar med matförsörjning. De så kallade 2:a generationens biodrivmedel syftar till att vara ett steg i den riktningen. De ska kunna framställas ur biomassa som kommer från exempelvis skogsindustrin, grödor, slam och olika slags avfall, vilka efter förädling kan bli ett flertal olika bränslen i både gas- och flytande form. Sett i ett livscykelperspektiv beräknas dessutom energieffektiviteten för 2:a generationens drivmedel att vara högre och utsläppen av växthusgaser att vara lägre jämfört med 1:a generationens biodrivmedel, vilket är en stor fördel (SPI, 2006). Ett problem är att 2:a generationens drivmedel fortfarande är i utvecklingsstadiet och därmed finns de inte i någon större kvantitet samt att de förhållandevis dyra. Storskaliga lösningar krävs för att få mer konkurrenskraft eftersom de är kapitalintensiva när produktionskapacitet byggs upp och det kan förväntas att det dröjer innan de kommer att få en betydande del av drivmedelsmarknaden (Energimyndigheten, 2007). För att kunna få en snabbare marknadsintroduktion finns därför även ett behov av att utforma styrmedel som leder till önskat resultat på ett effektivt sätt.

1.2 Syfte

Syftet med denna rapport är att göra en kunskapsöversikt av 2:a generationens biodrivmedel med avseende på råvaror, produktionsmetoder och användning samt energi- och miljöaspekter.

1.3 Metodik

Referenssökningar har genomförts i de internationella forskningsdatabaserna Scopus och Science Direct. Sökningar utgick ifrån publikationens titel och sammanfattning (abstract) med nyckelord som baserades på orden: second (2nd) generation biofuel, production, technology, environment, life cycle assessment (LCA), landscape, nature, ecology, species, protected, reserves, (cultural) heritage, planning. En motsvarande sökning med både engelsk och svensk terminologi genomfördes även med hjälp av sökmotorn Google. Den använda metoden bedöms vara tillräcklig för att få en övergripande bild av forskningsläget även om användandet av fler databaser och fler sökord skulle ha utökat sökprocessen.

2 EU-dokument

2.1 Vitbok

Den senaste vitboken som berör transporter publicerades 2001 och gäller transportpolitiken i Europa fram till 2010 (European Commission, 2001). I dokumentet konstateras att transporter då stod för en stor del, cirka 28 %, av energibehoven i Europa och att om inget görs kommer utsläppen av växthusgaser att öka med cirka 50 % fram till 2010 jämfört med 1990.

Att minska beroendet av fossila bränslen genom att använda alternativa bränslen och genom att effektivisera transporterna anses vara en ekologisk nödvändighet och en teknologisk utmaning. Den huvudsakliga anledningen till detta är att man, tillsammans med en ökad energieffektivitet, ska kunna minska utsläppen av växthusgaser. Fossila bränslen är även en icke-förnybar energikälla som förr eller senare kommer att ta slut. Det behövs alternativ och man vill att bränslekällorna ska diversifieras. En ytterligare anledning är att man vill minska beroendet av importerade energikällor genom att kunna utnyttja lokala energikällor. Det ska i sin tur kunna leda till att lokala arbetstillfällen skapas, energiförsörjning blir tryggare och att energieffektiviteten blir bättre genom kortare transportsträckor och minskade energiförluster vid överföring. Två åtgärder anges som prioriterade vad gäller främjandet av biobränslen: (1) Ett direktiv för en miniminivå på andelen biobränslen i respektive medlemsstat (2 % till år 2005 och cirka 6 % 2010), och (2) nya regler för skattereduktion av biodrivmedel.

2.2 Förnybarhetsdirektivet

Utifrån riktlinjerna i vitboken så har direktiv om förnybara energikällor skrivits där det finns övergripande mål och riktlinjer som ska leda till att andelen förnybara energikällor i energiförsörjningen i Europa ska öka (European Commission, 2009a). Transportsektorns behov av fossila bränslen anses vara det mest akuta problemet i energiförsörjningen varför åtgärder inom denna sektor anses vara de mest effektiva sätten för att minska oljeberoendet. För varje enskild medlemsstat finns ett bindande mål att 10 % av deras slutliga energianvändning för transportsektorn år 2020 ska utgöras av förnybara energikällor. Viktigt i sammanhanget är att samtidigt arbeta för en förbättrad energieffektivitet eftersom det i sig kommer att underlätta för 10 %-målet för förnybara energikällor och att det finns en strävan efter att diversifiera energimixen för att öka konverteringsmöjligheterna.

Man inser att vissa länder inte kommer att klara målen genom egen inhemsk produktion. Men då det anses att det finns en väl fungerande marknad för drivmedel så ser man inte heller några problem med att medlemsländer med små resurser ska kunna säkra tillgången på biodrivmedel från andra länder.

En ökad efterfrågan på biodrivmedel får inte leda till att områden med biologisk mångfald förstörs. Därför är det viktigt att få fram hållbarhetskriterier som understödjer så att det inte sker, varken inom EU eller i länder utanför unionen. Det anses att effekterna av odling av biomassa och produktion av biodrivmedel bör övervakas och även gynnas på ett sätt som uppmuntrar en ökad produktivitet inom jordbruket och användningen av skadad mark. Kraven för att energi från biodrivmedel ska kunna tas med i beräkningen om mängd använda förnybara energikällor listas i punktform nedan.

- Användningen ska minska växthusgasutsläppen med minst 35 % sett till hela livscykeln. Detta krav ändras till minst 50 % år 2017 och under 2018 gäller att

växthusgasminskningen ska vara minst 60 % om biodrivmedlen produceras i en anläggning som togs i bruk 1 januari 2017.

- Råvarorna får inte komma från mark som anses ha betydande värde för den biologiska mångfalden, till exempel naturskog och områden som utsetts för att skydda sällsynta eller hotade arter.
- Råvaror får inte komma från mark med stora kollager, som våtmark och skogsmarker med vissa betingelser på trädbestånd.
- Vissa restriktioner på att hämta råvaror från torvmark där man måste se till att skörd inte påverkar tidigare odikade områden.
- Odling av jordbruksprodukter ska följa minimikrav för god jordbrukshävd och goda miljöförhållanden som beskrivs i förordningen 73/2009/EG.

Uppfylls inte dessa krav ska inte heller den mängd biodrivmedel räknas som del av förnybara energikällor.

Direktivet innehåller riktlinjer för hur länderna ska beräkna andelen förnybara drivmedel med hänsyn taget till hållbarhet och koldioxidminskningar. Det är ett uttryckligt önskemål att biodrivmedel som räknas in som andra och tredje generationens biodrivmedel och som produceras av nya råvaror ska få en positiv särbehandling. Det ska underlätta deras konkurrenskraft och göra att de kommersialiseras snabbare. Ett led i detta är att biodrivmedel som produceras från avfall, restprodukter, cellulosa från icke-livsmedel samt material som innehåller både cellulosa och lignin ska räknas dubbelt jämfört med andra biodrivmedel. Dessutom ges direktivet att länderna ska utforma stödsystem som prioriterar dessa biodrivmedel med särskilda insatser i forskning och utveckling som kan leda till att teknikerna blir konkurrenskraftiga på längre sikt.

Mer detaljer för hållbarhetskriterier, hur kontroll av deras uppfyllande, rapportering och genomförandeåtgärder ska ske samt hur växthusgasminskning ska beräknas återfinns i bränsledirektivet (EU direktiv 2009b).

3 Biodrivmedel

Biodrivmedel är fordonsbränsle som har baseras på biomassa. Det finns ett flertal olika biodrivmedel och de brukar delas in i de olika generationerna första, andra och tredje generationen (Mabee, 2008). Det finns dock ingen enhetlig definition över vilka biodrivmedel som ska räknas till vilken generation. Det vanliga är att antingen utgå från den teknik eller den råvara som används vid produktionen (Riksrevisionen, 2011).

1:a generationens biodrivmedel är etablerade på drivmedelsmarknaden idag och bedöms vara kommersiellt gångbara det närmaste årtiondet (SOU, 2007). De karakteriseras av att de är relativt enkla att framställa och de som brukar räknas in i denna kategori är:

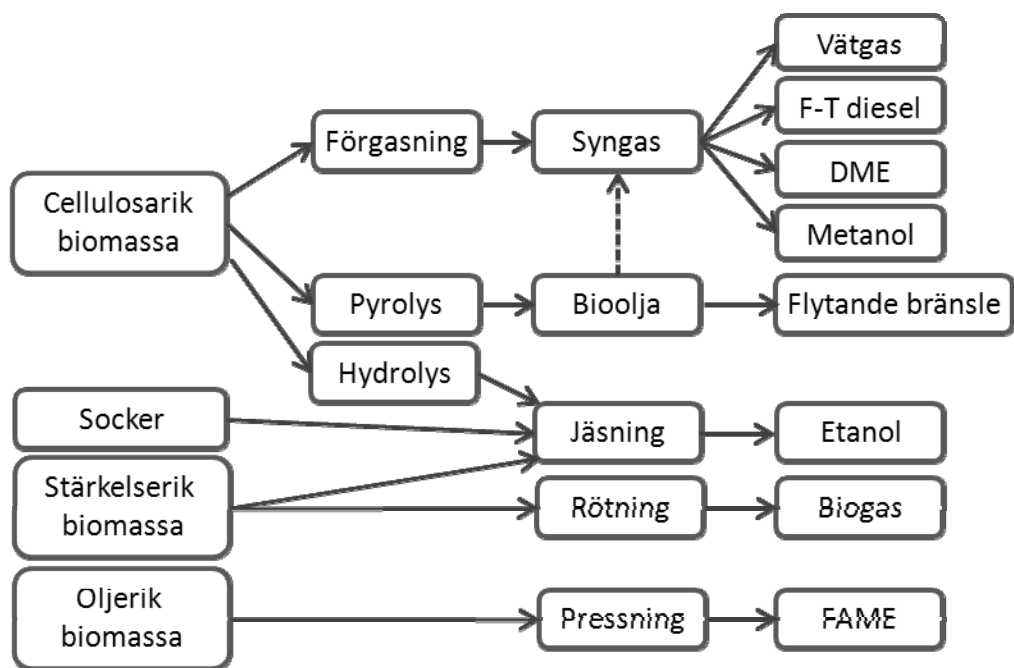
- Biogas från rötning av organiskt avfall som slam, livsmedelsavfall, slaktavfall, gödsel och grödor.
- Biodiesel producerat av oljor och fett från växt- och djurriket. Ett samlingsnamn för biodiesel från växtriket är FAME (fatty acid methyl ester).
- Etanol som produceras från råvaror som är relativt lätta att spjälka och enkla att jäsa som sockerrör, majs och spannmål.

2:a generationens biodrivmedel kan framställas ur i stort sett vilken biomassa som helst men det är framförallt lignocellulosa som är intressant, vilket kan fås från skogsråvara, avfall och skörderester, där exempel på möjliga råvaror är flis, svartlut och tallolja från skogsindustrin. Att kunna använda cellulosa som insatsvara beräknas ge högre energiutbyte och större minskning av nettoutsläppen av CO₂ samtidigt som det inte konkurrerar om mark eller råvaror för livsmedelsproduktion.

För att kunna omvandla dessa råvaror krävs dock mer avancerad och ännu förhållandevis dyr teknik, vilket ger en högre kostnadsbild jämfört med 1:a generationen. Till kategorin räknas metanol, DME (dimetyleter), syntetisk diesel och etanol producerad av cellulosa. Denna typ av biodrivmedel är under utveckling och det finns pilotanläggningar som är i drift men bränslena är ännu inte etablerade på den kommersiella marknaden. Biodiesel producerad från alger kan räknas in i denna kategori (Nigam och Singh 2011) även om produktionsteknologin gränsar till nästkommande generation.

3:e generationens drivmedel ligger ännu längre in i framtiden. De är i dagsläget icke-kommersiella och utvecklingen är framförallt på laboriestadiet. De kan inte distribueras eller användas i den konventionella infrastrukturen och kan inte blandas med flytande bränsle. Det kommer också behöva utvecklas nya framdrivningssystem för fordon, som exempelvis bränsleceller. Till 3:e generationen räknas vätgas som används enskilt eller i kombination med bränsleceller. Vätgas kan framställas av en mängd olika råvaror och genom förgasning av biomassa.

I Figur 1 beskrivs kortfattat de olika produktionsalternativen som kan användas för att producera biodrivmedel. Råvaror som är rika på stärkelse och olja lämpar sig till 1:a generationens drivmedel och kan ge etanol, FAME och biogas. 2:a generationens biodrivmedel använder framförallt cellulosarik biomassa för att producera vätgas, Fischer-Tropsch diesel (F-T diesel), DME, metanol och etanol. Medan 1:a generationens biodrivmedel passar till att användas inom vägtransporter så anses det finnas goda möjligheter att 2:a generationens biodrivmedel även ska kunna användas inom transporter där det ställs höga krav på bränslet som inom flygtransporter (Sims och Taylor, 2008).

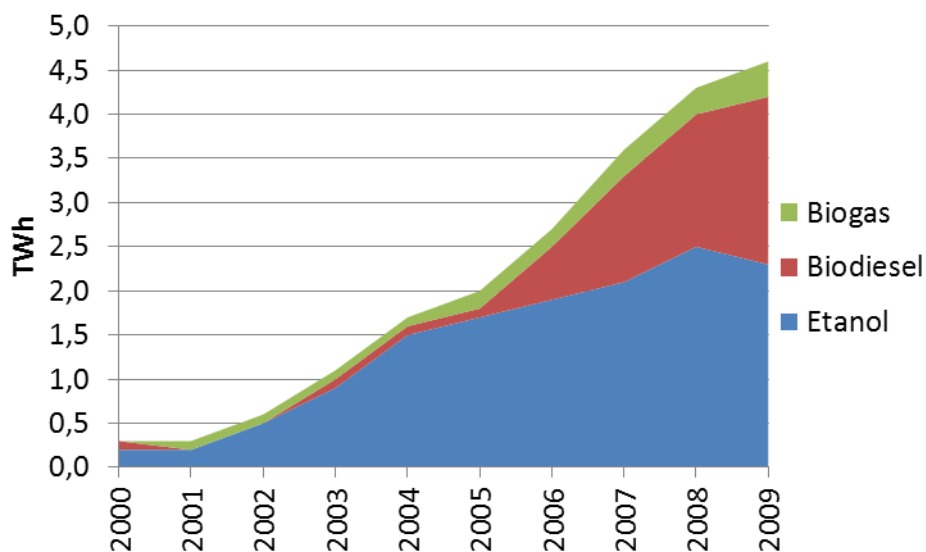


Figur 1 Produktionsalternativ för biodrivmedel.¹

3.1 Använd och producerad mängd biodrivmedel

De biodrivmedel som används inom transportsektorn idag är de som tillhör 1:a generationen och framförallt etanol och biodiesel. I Sverige har användningen av biodrivmedel haft en positiv utveckling sedan år 2000, vilket visas i Figur 2. Etanolen står ungefär för hälften av användningen i dagsläget, en andel som sjunkit de senaste åren medan både biodiesel och biogas har ökat. Av den energi som användes till inrikes vägtransporter, cirka 86,5 TWh, utgjorde biodrivmedel 4,6 TWh, vilket motsvarar 5,4 % (Energimyndigheten, 2010c).

¹ Figuren omarbetad utifrån Huber m.fl. (2006), www.bioenergiportalen.se och Grahn (2006).



Figur 2 Förbrukning av biodrivmedel i Sverige 2000–2009.

I EU-27 förbrukades cirka 1,2 och 6,7 Mtoe etanol respektive biodiesel år 2007, vilket tillsammans motsvarar ca 92 TWh. Förbrukningen utgjorde 2,6 % av den totala drivmedelsanvändningen på 12 730 EJ (European Commission, 2010). De största absoluta förbrukarna i EU-27 är Tyskland och Frankrike medan Tyskland tillsammans med Slovakien är de som har störst andel förnybara drivmedel i transportsektorn; 8,4 % respektive 4,9 %.

Den globala användningen av biodrivmedel var 24,4 Mtoe år 2006, motsvarande 284 TWh, och det är en ökning med nästan 140 % sedan år 2000. Den största förbrukaren är Nordamerika med 11,3 Mtoe (131 TWh) där även förbrukningen ökar snabbast, främst i USA. Sydamerika och EU är de två nästföljande största konsumenterna.

De största producenterna av etanol i världen är Brasilien och USA, vilka stod för cirka 89 % av den totala produktionen (cto.oml.gov/bedb/biofuels.shtml) När det gäller biodieselproduktion är det istället Europa som har en dominerande andel på världsmarknaden med 57 %. I Sverige producerades år 2009 ca 174 miljoner liter etanol och 116 miljoner liter biodiesel, vilket motsvarar ca 1,03 TWh respektive 1,07TWh (Energimyndigheten, 2011a). Etanol baseras främst på spannmål medan biodiesel har dels raps, dels tallolja som råvara. Den svenska biogasproduktionen sker främst i avloppsreningsverk (44 %) och i samrötningsanläggningar (25 %). Den totala mängden biogas som producerades i Sverige 2010 uppgick till ca 1,39 TWh och av dessa uppgraderades 44 % och användes som fordonsgas (Energimyndigheten, 2011b).

3.2 2:a generationens biodrivmedel

3.2.1 Användning av 2:a generationens biodrivmedel

En stor möjlighet med 2:a generationens biodrivmedel att kunna bidra med en mer hållbar utveckling är som ersättning till fossila bränslen inom vägtrafiken. Anledningen är att det är inom denna transportsektor som den största andelen av energi används och som också ger upphov till den största andelen av växthusgasutsläpp. Men intresset för

biodrivmedel finns även inom flyg och sjöfart där 2:a generationens biodrivmedel ses som en möjlighet, speciellt inom flyget.

För att ett bränsle ska passa till flyget måste energitätheten vara hög för att den massa och volym som måste tas med under transporten ska minimeras (IEA, 2009). Dessutom behöver bränslet vara termiskt stabilt, inte stelna eller förtjockas vid låga temperaturer samt att det ska uppfylla andra kriterier förknippade med viskositet, tändnings-egenskaper, ytspänning med mera. Med avseende på de krav som finns verkar syntetisk diesel kunna vara ett alternativ till dagens konventionella jetbränslen som används inom flyget.

Biodiesel från vegetabilisk olja och fetter behöver dock förädlas vidare för att klara kraven, vilket det också finns teknik för att göra. Nackdelen är att produktionskostnaderna stiger ytterligare. Biodiesel som produceras med F-T syntesen har dock liknande egenskaper som konventionella jetbränslen och kan därmed ge ett minskat växthusgasutsläpp i flygsektorn.

Även flytande vätgas ses som ett möjligt alternativ eftersom det har hög energitäthet per massa. För att vätgas ska kunna användas måste en ny infrastruktur för bränsletillförsel byggas. Dessutom behöver flygplanen designas om och flygmotorerna anpassas till det nya bränslet. På grund av detta ses vätgas som ett långsiktigt alternativ. Metan, metanol och etanol har däremot för lågt energiinnehåll varför de inte ses som några reella alternativ.

Försök med biobränslebaserade flygbränslen har genomförts där man i första hand blandat ut konventionellt jetbränsle med biobränsle (www.enviro.aero) Exempel på testflygningar med bränsleblandningar är Continental Airlines som år 2009 gjorde testflygning med drivmedelsblandning 50 % jetbränsle och 50 % biodrivmedel gjord på alger och jathropa², United Airlines blandade i 50 % biodrivmedel gjord på jathropa och KLM testade en bränsleblandning med 50 % bränsle gjord på camelina³. Med start i april i år ska Lufthansa genomföra ett sex månader långt test med att flyga en Airbus A321 med en bränsleblandning med 50 % traditionellt jetbränsle och 50 % biodrivmedel producerat av Neste Oil i Finland (presse.lufthansa.com/en/news-releases/singleview/archive/2010/november/29/article/1828.html). Även flygvapnet i USA har gjort tester på att använda biodrivmedel i stridsflygplanet F/A-18 Super Hornet och helikopter MH-60S Seahawk (www.dcmilitary.com/stories/120210/tester_28256.shtml). Resultaten av testerna visar på lovande resultat och att det är fullt möjligt att blanda in biodrivmedel med konventionella jetbränslen utan att tappa kapacitet.

För fartyg gäller inte samma kvalitetskrav på bränslet som för flyg (IEA 2009). De vanligaste motorerna kan hantera en stor variation av bränslekvaliteter och det finns möjlighet att använda "enklare" biodrivmedel. Bränslet måste dock uppfylla vissa krav på exempelvis viskositet, surhetsgrad och prestanda. Exempel på förnybara bränslen som kan användas är rena vegetabiliska oljor, restoljor och bränsle gjord på såväl vegetabiliskt som animaliskt fett. Eventuellt behöver motorerna och/eller driften modifieras något för att undvika problem med fällningar, igensättning av olika komponenter och bränsleinsprutning.

² Jathropa curcas är ett träd vars frön kan användas för att producera vegetabilisk olja.

³ Camelina är en åkerväxt där fröna kan bli vegetabilisk olja.

3.2.2 Produktionstekniker för 2:a generationens biodrivmedel

För att få 2:a generationens biodrivmedel krävs mer avancerad teknik jämfört med 1:a generationen och det finns olika produktionsprocesser att tillgå som kan väljas utifrån hur väl de passar den råvara som ska omvandlas. I huvudsak kan de delas in i två metoder:

- termokemisk konversion
- biokemisk konversion.

Termokemisk konversion

Den termokemiska konversionen använder värme för att bryta ner biomassa och det kan ske på två sätt:

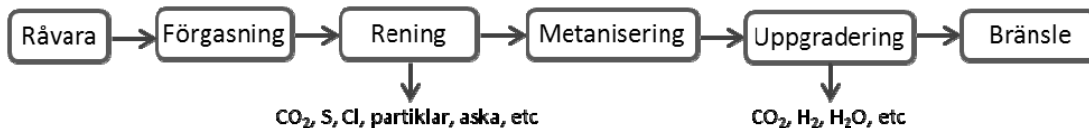
- pyrolys
- förgasning.

Med pyrolys bryts biomassa ned genom att värme används i en miljö som är syrefri och utan att det sker någon förbränning. Nedbrytningen sker vid en lägre temperatur än vad som gäller vid förgasning, cirka 400 till 650°C, och en bioolja produceras istället för en gas. Innehåll av syre och viskositeten varierar beroende på vilken råvara som använts och oljan behöver filtreras för att få bort partiklar och aska. En uppgradering till kolvätebränsle är möjligt genom att syrenehållet i biooljan minskas, vilket kan ske med ångreformerings (Huber m.fl., 2006).

Nackdelen med pyrolys är att den har låg effektivitet när det gäller konvertering till vätskor samt att biooljan måste behandlas mer innan den kan användas i befintliga motorer, bland annat på grund av att vattenhalten är för hög. Dessutom har den hög viskositet, är korrosiv och ger upphov till beläggningar (Huber m.fl., 2006). De ekonomiska och praktiska möjligheterna för att tillverka flytande bränslen anses vara relativt små (Höök, 2007).

Förgasning ger ett större utbyte av råvaran, vilket innebär ett mer effektivt utnyttjande av den skog och åker som finns att tillgå. Det finns idag ett flertal olika förgasningsreaktorer och förgasare för biomassa, som exempelvis trycksatt förgasning med väte eller med syre samt atmosfärisk indirekt förgasning (Karlsson och Malm, 2005).

En generell beskrivning av förgasningsprocessen (Kopyscinski m.fl., 2010) för att producera drivmedel ses i Figur 3. Vid förgasning sker en fullständig termisk sönderdelning av biomassan till en brännbar och lättflyktig gas med aska som biprodukt. Ett normalt temperaturläge för förgasning är mellan 700 till 1 250°C. Råvaran oxideras delvis genom att det tillsätts en så kallad förgasningsagent som kan vara luft, syre eller ånga. Resultatet blir en blandgas som huvudsakligen innehåller en mix av H₂, CO, CO₂, H₂O, CH₄, kolväten och en del föroreningar. Innehållet i gasen varierar beroende på råvaran och dess fukttinnehåll, typ av förgasningsanläggning samt den temperatur och tryck som använts i framställningen. Gasen genomgår en reningsprocess och reformeras. Reningen avskiljer föroreningar, som svavelföreningar, tjära, ammoniak, alkaliska metaller och andra partiklar, medan reformeringen ger en lämplig blandning av väte och kolmonoxid. Metaniseringssteget innebär att väte och kolmonoxiden ombildar gasblandningen till metan, som sedan uppgraderas för att få ett bränsle som uppfyller de kravspecifikationer som ställs.



Figur 3 Generell beskrivning av förgasningsprocess av fasta råvaror, som kol och biomassa, till bränsle.

Den syntetiska gas, även kallad syngas, som produceras vid en förgasning kan användas för att tillverka olika slags biodrivmedel som metanol, DME och F-T diesel.

För att få metanol används en s.k. metanolsyntes (www.bioenergiportalen.se) där syngasen katalyseras och sedan destilleras för att rensas. Metanol kan användas i bensinmotorer och blandas med bensin i olika proportioner. Det kan även användas i bränsleceller, antingen direkt eller genom att den först omvandlas till vätgas.

DME är en produkt i gasform som har liknande fysikaliska egenskaper som propan. Konventionellt produceras DME i två steg där det första steget är syntesgas som i ett andra steg konverteras till DME via metanol (Nexant, 2008). Produkten har funnits ett tag på marknaden, men då framförallt som insatsvara till andra produkter som hårspray, raklödder, färger, insektsmedel med mera. Att utnyttja DME som drivmedel är ett användningsområde som blivit allt mer intressant på senare tid. För att DME ska kunna användas i dieselmotorer behöver bränslet trycksättas till cirka 5 bar för att bli flytande och förutom att tankarna måste klara ett högre tryck så behöver även motorerna modifieras med en speciell typ av bränslepump och insprutning. Men bränslet anses vara bra då det är renare och har ett högre cetantal⁴ än diesel.

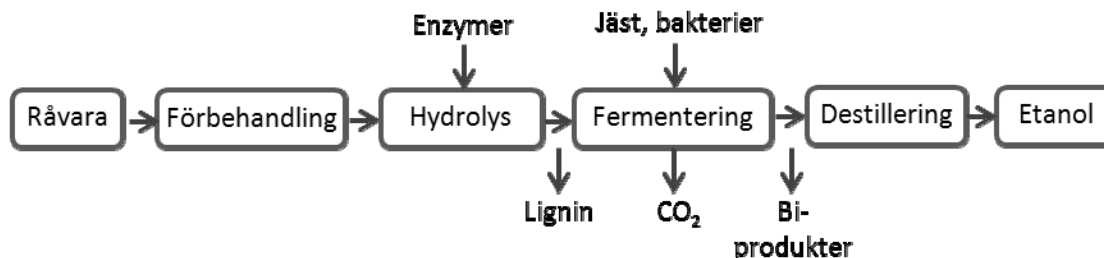
F-T diesel kallas även för syntetisk diesel och baseras på en process som utvecklades under tidigt 1900-tal och som används än idag (Huber m.fl., 2006). Processen har använts för att producera flytande bränsle från kol, som i Tyskland under 1930- och 1940-talen samt i Sydafrika efter andra världskriget, men den passar även för biomassa. Efter att biomassan förgasats till syngas går den igenom F-T syntes och blir syntetisk råolja som i ett sista steg upparbetas till syntetisk diesel. Kort beskrivet innebär F-T syntesen att kolmonoxiden och vätgasen reagerar med hjälp av en katalysator, vanligtvis järn och/eller kobolt, till mättade kolväten och det slutliga bränslet kan blandas med dieselolja. Då F-T diesel kan produceras från såväl fossila som förnybara råvaror kallas den olika beroende på vilken råvara som används i processen enligt: "biomass-to-liquid" (BTL), "gas-to-liquid" (GTL) och "coal-to-liquid" (CTL). Ett problem med att producera F-T diesel av biomassa är att det blir stora föroreningar i gasen vilket leder till höga kostnader för gasrening.

Biokemisk konversion

Biokemisk konversion använder biologiska processer för att bryta ner cellväggarna i cellulosan. Sönderdelningen leder till jäsbara sockerarter som kan omvandlas till drivmedel och andra kemikalier. I Figur 4 ges en översiktlig bild av processtegen för att omvandla cellulosa till etanol (Sims och Taylor, 2008). Processtegen är liknande de som finns för konventionell etanolproduktion men en del andra lösningar är nödvändiga.

⁴ Cetantal beskriver hur lätt bränslet självantänder genom kompression. Ju högre cetantal desto högre tändvillighet. I en dieselmotor eftersträvas självantändning vid kompression varför höga cetantal för bränslet är bra.

Eftersom lignocellulosa har en komplex cellstruktur så är det svårare att bryta ner denna sorts biomassa. De behöver därför förbehandlas med speciella enzymer eller med syra. Steget med hydrolysen ger att kolhydrater spjälkas till kortare enheter för att de ska kunna jäsas till etanol. Även i fermenteringssteget behövs speciella mikroorganismer som klarar av att jäsa de sockerarter som bildas efter hydrolysen.



Figur 4 Generell beskrivning av biokemisk konversion av cellulosa.

Den komplexa cellstrukturen hos cellulosa kräver extra nedbrytningssteg vilket fördröjar processen. En nyckel till att utveckla kostnadseffektiva processer är därför att effektivisera produktionsprocessen så att nedbrytningen och utbytet förbättras. Nuvarande forskning fokuserar på råvaror med högt utbyte, mer effektiva enzymer och mer robusta mikroorganismer. Det kan också förväntas att den biokemiska processen kommer att förbättras i framtiden och att utbytet blir mer effektivt i och med så kallade bioenergi-kombinat där man samtidigt producerar drivmedel, el, värme och andra produkter.

3.2.3 Pilot- och demonstrationsanläggningar

Det finns ett flertal pilot- och demonstrationsanläggningar för att omvandla lignocellulosa till drivmedel runt om i världen. IEA har sammanställt information om 66 stycken projekt som beskriver anläggningen, dess storlek, vilken råvara som används och vilken teknik processen baseras på (Bacovsky m.fl., 2010). Av sammanställningen ses att flertalet av anläggningarna ligger i Europa och Nordamerika. Förutom i rapporten kan denna information även ses på hemsidan <http://biofuels.abc-energy.at/demoplants/>.

I Sverige finns det också en del pilot- och demonstrationsanläggningar som antingen är i drift, har börjat byggas eller som har kommit relativt långt i planeringen.

Etanotpiloten i Örnsköldsvik

Etanoltillverkningen i Örnsköldsvik har funnits sedan 2004 och Sekab (www.sekab.com) är driftansvarig. Det är en forsknings- och pilotanläggning för produktion av etanol från cellulosa och huvudmålet är att verifiera produktionsprocessen i stor skala samt arbeta för att sänka tillverkningskostnaderna. Processen är en tvåstegs svagsyrahydrolys och kapaciteten är 2 ton TS per dygn, vilket ger 400 liter etanol.

Sunpine AB och Preem Göteborg

Invigdes 17 maj 2011 Haraholmen med produktionsstart i april 2010. I Piteå finns en anläggning för att producera biodiesel genom att använda råttallolja och det är den enda i sitt slag i världen (www.sunpine.se). Målet är att producera 100 000 m³ råttalldiesel. Tallolja är en biprodukt vid tillverkning av pappersmassa enligt sulfatmetoden. Det är

en mörkbrun och trögflytande vätska som bland annat kan användas som bränsle. Talloljan kan även vidareförädlas och användas som insatsvara till exempelvis biologiska smörjoljor, såpa samt som bindemedel i färg och lim.

Tillverkningen av biodieseln sker i två steg där det första steget innebär att råttalloljan renas och två fraktioner separeras; råttalldiesel och bioolja/tallbeckolja. Reningen sker genom att fettsyror förestras och det följs av en vakuumdestillation. Mellan 65 till 70 % blir råttalldiesel som går vidare med båt till Preems raffinaderi i Göteborg för att genomgå ytterligare förädling. I det förädlingssteget ökas energiinnehållet i bränslet och förbränningsegenskaper och lagringsbeständigheten förbättras. Dessutom renas råttalldieseln ytterligare i och med att svavel och andra föroreningar avlägsnas. Råttalldieseln processas tillsammans med vanlig diesel och blir ett homogent bränsle som är förnybart till 25 % och som klarar dagens dieselspecifikationer. De 100 000 m³ råttalldiesel från anläggningen i Piteå blir i processen 500 000 m³ talldiesel (Siemens Automationsnytt 2010).

Chemrec

Chemrecs anläggning för produktion av DME invigdes den 9 september 2010 och ligger vid pappersmasseanläggningen Smurfit Kappa i Piteå. Det är en pilotanläggning som ska användas för att utveckla hela kedjan från skogsbränsle till produktion och distribution av DME. Anläggningen utgör också ett underlag för en senare uppskalning vid Domsjö fabriker. Förutom Energimyndigheten finansieras projektet av EU:s sjunde ramprogram samt av konsortiets medlemmar som är Chemrec, Volvo, Preem, Haldor Topsø, Total, Delphi och ETC (Energy Technology Center).

Grunden för processen är svartlut, som är en flytande biprodukt i pappersmassa-produktion. Genom att förgasa svartluten kommer förnybara drivmedel och metanol för annan kemisk användning att produceras. Tekniken för att göra detta är en trycksatt, syrgasblåst förgasning samt syntetisering av svartluten. Med denna teknik kan man välja att antingen producera drivmedel och kemikalier eller generera el och ånga i en kombi-cykel. Syftet med anläggningen är ändå att producera ett förnybart drivmedel som är konkurrenskraftigt gentemot de fossila bränslena. Kapaciteten i anläggningen är 4 ton BioDME per dag och cirka 1 % av tillgänglig svartlut vid bruket används till processen. Bränslet kommer framförallt att användas för att tillgodose 14 lastbilar, utvecklade av Volvo, som ska användas för att utvärdera bränslet. Lastbilarna har en genomsnittlig körsträcka på 100 000 km och används av företag som Posten Norden, Sveaskog, J-Trans och Green Cargo. Bränslet ska också testas för industriell användning.

De framtida planerna är att bygga en demonstrationsanläggning i industriell skala för produktion av BioDME och Biometanol baserat på Chemrecs teknologi för svartlutförgasning. Ett steg på vägen har tagits då Energiutvecklingsnämnden vid Energimyndigheten beviljade investeringsstöd på upp till 500 miljoner kronor för en sådan anläggning. Den ska byggas vid Domsjö fabriker i Örnsköldsvik och beräknas ha en kapacitet att försörja cirka 2 000 tunga lastbilar med drivmedel.

Man räknar med att om hela den kapacitet till drivmedelsproduktion som finns vid svenska massabruk utnyttjas, kan användningen av fossila bränslen ersättas med BioDME i ungefär hälften av alla tunga fordonstransporter i Sverige. CO₂-utsläppen kan därmed minska med cirka 10 %, vilket motsvarar 6 miljoner ton per år. Sett till världsmarknaden beräknas tekniken kunna bidra med drivmedel motsvarande 45 miljarder liter bensen. Då svartlut är en biprodukt till massatillverkning, som ändå

behöver hanteras, kommer en eventuell DME-tillverkning att innebära en extra möjlighet för massaindustrin att öka sina inkomster.

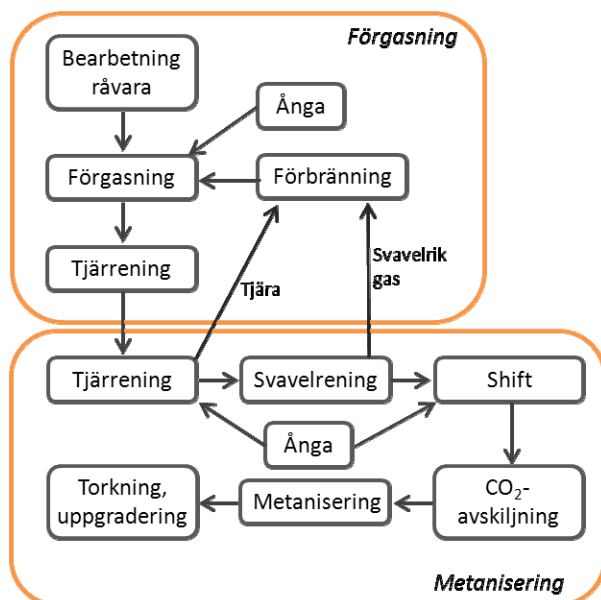
Den främsta målgruppen för bränslet är lokala flottor av tunga lastbilar som kör fastlagda rutter som stadsbussar och distributions fordon. Genom att välja denna grupp kommer antalet tankställen att kunna begränsas. En tankstation med BioDME för lastbilar är redan invigd för i Skärholmen i Stockholm. Planen är att Preem ska bygga ytterligare tre tankstationer i Sverige, vilka ska ligga i Göteborg, Jönköping och Piteå.

Studier gjorda inom denna satsning på DME från svartlut har visat att BioDME producerat med modern teknik vid stora anläggningar kan bli konkurrenskraftig med fossil diesel givet dagens träbränslepriser.

GoBiGas

Göteborg Energi i samarbete med E.ON bygger en anläggning för att förgasa råmaterial från skogsbruket till metan. Anläggningen byggs i Göteborgs hamn i två etapper där en storskalig demonstrationsanläggning med en kapacitet på 20 MW gas utgör den första etappen och den beräknas vara i drift 2012. I etapp två ökas kapaciteten till cirka 100 MW gas, vilket beräknas ge en produktion på ca 800 GWh per år som kan försörja 80 000 bilar med fordonsgas. Den anläggningen beräknas vara klar och i drift 2016.

Tekniken bygger på indirekt förgasning, vilket innebär att processvärmen tillförs utifrån. I detta fall sker förgasningen i en fluidbädd med en separat förbränningszon, se Figur 5. I förgasningsanläggningen omvandlas träråvaran till brännbara gaser som sedan renas och uppgraderas till att bestå mestadels av metan och med en kvalitet som är jämförbar med naturgas. Målet är att 65 % av insatt råvara ska omvandlas till metan och att den totala energiverkningsgraden ska vara cirka 90 %.



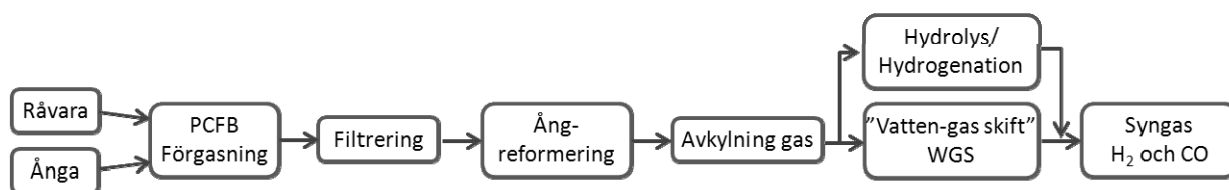
Figur 5 Översiktlig beskrivning av produktionsprocess för GoBiGas.

Chrisgas och Växjö Värnamo Biomass Gasification Centre

Chrisgas var ett EU-projekt som syftade till att utveckla en process för att med biomassa som råvara producera en syntesgas med ett högt väteinnehåll. Projektet hade ett tjugotal

europiska deltagare och produktionsanläggningen som användes var förgasningsanläggningen Växjö Värnamo Biomass Gasification Center (VVBGC). Det är en 18 MW förgasningsanläggning som ursprungligen byggdes för att förgasa biomassa för el- och värmeproduktion. Syntesgasen var ett första steg till ett nytt förnybart bränsle som skulle kunna användas som drivmedel. Tekniken grundar sig på att biomassan förgasas och därefter uppgraderas och renas från partiklar. Väteinnehållet ökas ytterligare i gasen genom att ytterligare uppgradera gasen och rena den från tjära, VOC och vatten, se Figur 6.

Planen var att använda VVBGC som en demonstrationsanläggning för produktionsprocessen men det gick inte att uppnå inom den tidsram och budget som fanns. Projektet var också tvunget att avbrytas 2007 då Energimyndigheten drog tillbaka stödet på grund av att det fanns för få industriella intressen både vad gällde medfinansiering och kommersialisering. Innan nedläggningen hade demonstrationsanläggningen producerat syntesgas under hösten 2007 och resultaten var lovande. På senare tid har ett antal företag åter visat intresset för förgasningstekniken i VVBGC och det tillsammans med att Energimyndigheten har gett finansiering för en fortsättning finns det numera en möjlighet att bygga om VVBGC för att bli en demonstrationsanläggning för förnybart drivmedel. Ett förslag på ett fyraårigt projekt för att bygga om anläggningen finns.



Figur 6 Översiktlig beskrivning av produktionsprocess vid VVBGC efter ombyggnation.

VärmlandsMetanol

Det finns långtgående planer på en produktionsanläggning för metanol som ska ligga i Hagfors (www.varmlandsmetanol.se). Företagsidén är att använda skogsråvara i processen varav ca 60 % av vedens energiinnehåll ska bli drivmedel och den producerade metanolen ska i första hand användas till låginblandning i bensin. Längre in i framtiden kan det även bli aktuellt att använda metanol som drivmedel i bränsleceller. Den nuvarande planen är att bygga en anläggning som ska kunna producera 125 000 m³ metanol per år och den värme som produceras i processen ska kunna levereras som fjärrvärme till Hagfors. Målet är att anläggningen ska tas i drift i slutet av år 2013.

VärmlandsMetanol är även involverad i planerna att bygga ett bioraffinaderi för skogsråvara i anslutning till SAKABs anläggning i Kumla. Övriga intressenter är SAKAB AB, EON Gasification Development AB, PEAB, Structor AB och Kumla kommun. I bioraffinaderiet kommer en kombination av biogas, biometanol och värme att produceras och den beräknade produktionen är 50 MW värme samt 250 MW biometanol och biogas.

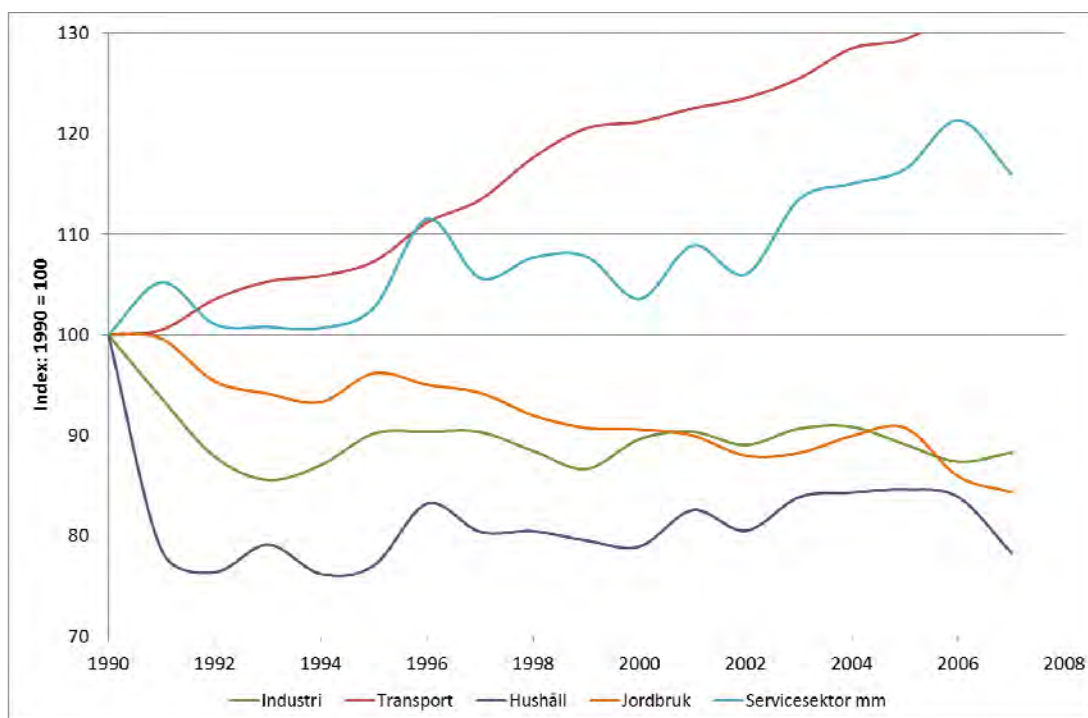
3.2.4 Potentiell produktion biodrivmedel i Sverige

För svenska förhållanden har Grahn och Hansson i rapporten "Möjligheter för förnybara drivmedel i Sverige till år 2030" gjort en genomgång av förutsättningarna för den

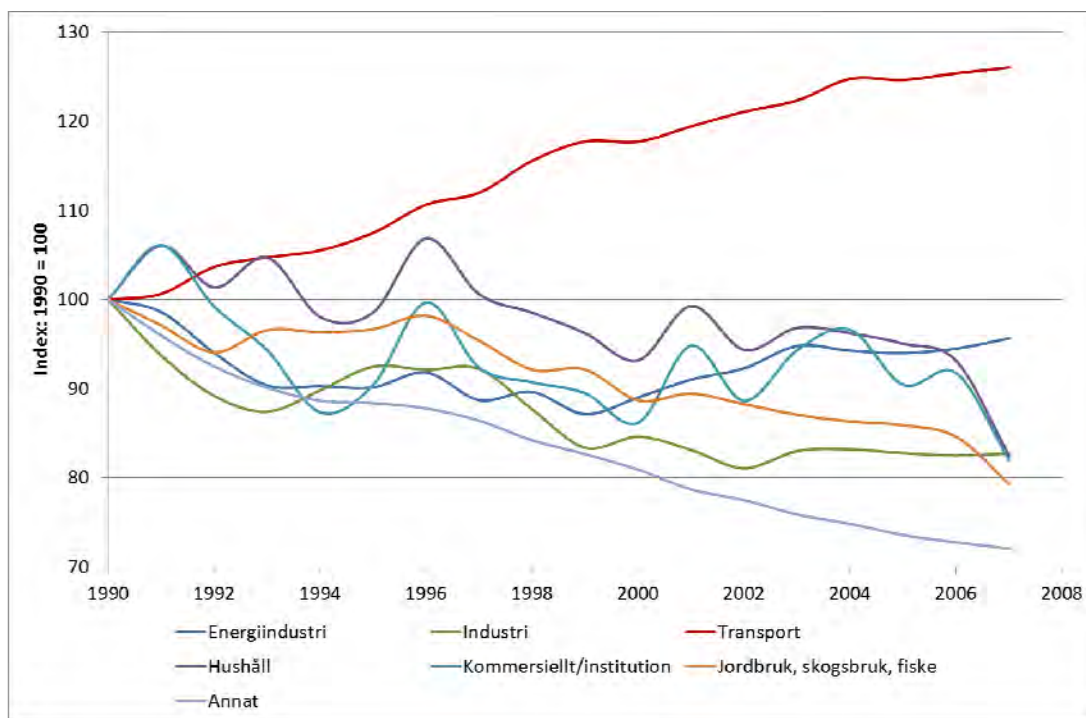
inhemska utvecklingen av olika förnybara drivmedelsalternativ. De har beskrivit tre scenarios utifrån utbyggnadstakt i den inhemska produktionen av både 1:a och 2:a generationens biodrivmedel. Spannet i de olika scenarierna sträcker sig mellan 3 till 13 TWh per år för 2020 och mellan 10 till 22 TWh per år för 2030. Enligt scenarierna kommer bidraget från förnybara drivmedel till vägtrafikens energianvändning inte att överstiga 15 % respektive 25 % för 2020 och 2030. Men enligt författarna är det svårt att säga hur stort det faktiska bidraget blir eftersom det i stor utsträckning beror på det framtida priset på förnybara drivmedel relativt fossila bränslen.

4 Energi- och miljöaspekter

Inom transportsektorn finns det en klart ökande trend både vad gäller användningen av energi och utsläpp av växthusgaser. Både transport- och servicesektor skiljer sig från andra sektorer i samhället. I Figur 7 och Figur 8 visas den relativa förändringen av energianvändning och växthusgasutsläppen i EU-27 fram till och med 2007 och jämfört med 1990. Transporterna har ökat sin relativa energianvändning betydligt mer än andra sektorer. Det speglas även i utsläppen av växthusgaser där alla sektorer har minskat sina växthusgasutsläpp utom transportsektorn där utvecklingen går i motsatt riktning. Idag ansvarar transporterna för drygt 32 % av den totala energin i EU-27 och 19,5 % av växthusgasutsläppen (European Commission 2010). Förutom att det behöver genomföras åtgärder som syftar till att förbättra miljön så tillkommer även problematiken med en förväntad brist på fossila bränslen som kommer att leda till dyrare drivmedel. Dessutom är tillgången på fossila bränslen koncentrerade till ett fåtal länder. För att få ett transportsystem som är mer hållbart och minder sårbart är det av stor vikt att aktivt arbeta med att hitta alternativa drivmedel samt även att öka energieffektiviteten i transportsektorn.



Figur 7 Index över slutlig energianvändning per sektor i EU-27 (European Commission, 2010).



Figur 8 Index över växthusgasutsläpp per sektor i EU-27 (European Commission, 2010).

Några avgörande anledningar till varför biodrivmedel anses vara bättre än fossila drivmedel är att de anses vara koldioxidneutrala vid förbränning och att de baseras på förnybara råvaror. Dessutom leder det generellt sett till lägre lokala utsläpp av olika föroreningar jämfört med förbränning än fossila drivmedel. Exempelvis har studier om emissioner av etanol och biodiesel visat detta (Demirbas, 2009; Liaquat m.fl., 2010). Lägre utsläpp av exempelvis CO, HC, VOC och partiklar kan i sig leda till minskade negativa miljö- och hälsoeffekter som speciellt kan vara betydande i områden med hög population (Liaquat m.fl., 2010; Demirbas, 2009). Förutom mindre utsläpp av växthusgaser har 2:a generationens biodrivmedel andra fördelar jämfört med fossila drivmedel (Grahn, 2009). DME har lägre utsläpp av kolväten, kväveoxider och utsläppen av partiklar är nära 0. Detta bränsle kan även leda till lägre motorbuller. F-T diesel kan blandas med befintliga fossila bränslen och behöver ingen ny infrastruktur. Metanol är redan ett beprövat bränsle och är mindre brandfarligt än bensin och kan med fördel användas i bränsleceller. Biometan ger upphov till klart lägre utsläpp av kolmonoxid, kväveoxid och partiklar samt kan blandas med biogas och naturgas.

Men det finns även nackdelar med de nya biodrivmedlen (Grahn, 2009). DME måste trycksättas för att bli flytande och kräver en ombyggnad för att fordonet ska klara trycksättningen. Bränslet kan inte blandas med konventionell diesel och ger upphov till högre utsläpp av kolmonoxid. För F-T diesel finns nackdelen att produktionsprocessen leder till viss produktion av tunga fraktioner som är svåra att utnyttja som bränsle i fordon. Metanolens problem är att den är korrosiv och giftig och då bränslet är vattenlösligt kan det lätt följa med regn och förorena grundvatten. Biometan har samma problem som biogas och naturgas genom att de behöver ny infrastruktur för att kunna användas i större skala. Metan i sig är en mycket potent växthusgas och har ett

växthusgasindex på 20, vilket kan jämföras med CO₂ som har 1. Ett eventuellt metanläckage kommer då att minska klimatnyttan med detta bränsle.

Dessutom så uppstår det, liksom för fossila drivmedel, utsläpp vid tillverkningen av biodrivmedel, från odling och skörd av råvaran till produktion och transport av drivmedel. Andra möjliga nackdelar med biodrivmedel är att energieffektiviteten hos olika bränslen kan vara sämre än traditionella drivmedel samt att den mark som behövs för odling av råvaror till biodrivmedel konkurrerar med annan användning.

4.1 Energianvändning i ett livscykelperspektiv

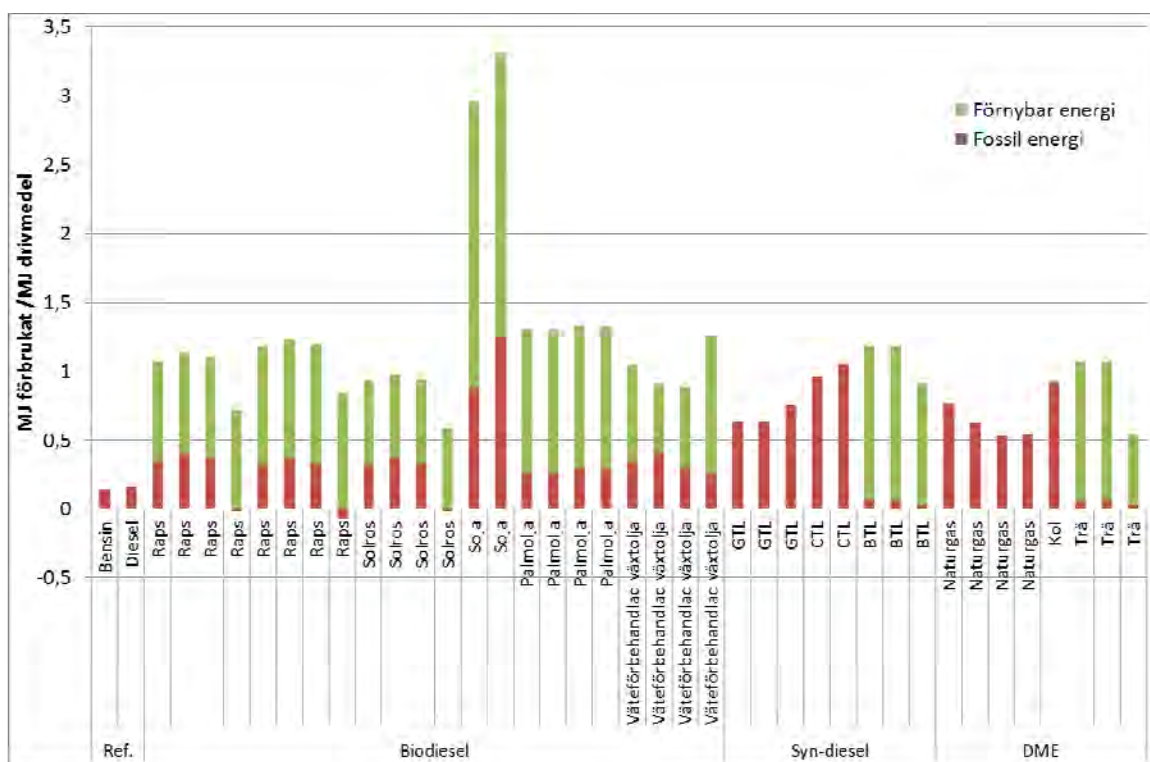
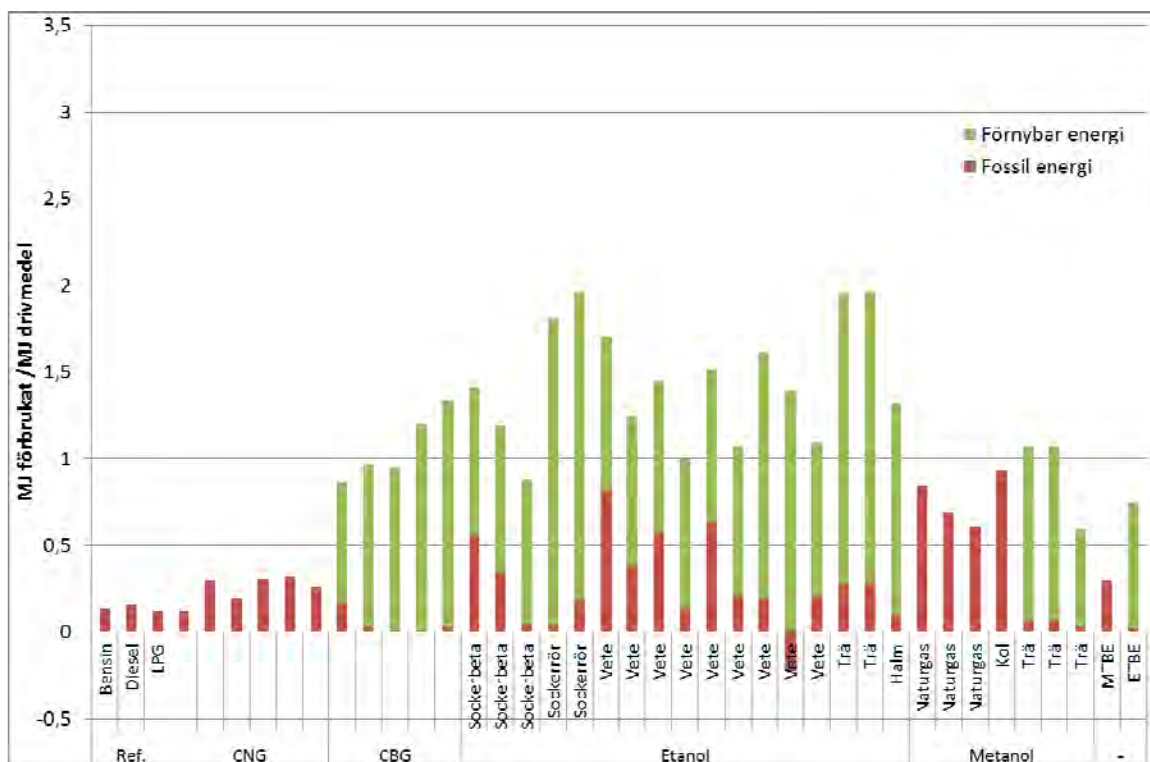
Hela bränslekedjan kallas ofta "well-to-wheels" (WTW) och kan delas in i de två sektionerna "well-to-tank" (WTT) och "tank-to-wheel" (TTW). WTT omfattar alla steg som finns från källan till bränsletanken, dvs. utvinning, transport, lagring, uppberedning, distribution, transport. TTW omfattar det som sker från bränsletanken till hjulen som är tankning, förbränning och evaporation (TIAX LCC 2007).

JEC är ett forskarsamarbete mellan JRC⁵, EUCAR⁶ och CONCAWE⁷ som startade år 2000. Ett projekt som de genomfört inom detta samarbete är att man undersökt användningen av energi och utsläppen av växthusgaser i ett livscykelperspektiv för ett antal drivmedel. I projektet utvecklades en gemensam metodologi och databas med indata för de beräkningar som genomförts. Databasen kan uppdateras när teknologin förändras. I Figur 9 visas förhållandet mellan den beräknade totala energianvändningen (WTT) och energiinnehållet i drivmedlet. Den totala energianvändningen representerar den energi, både fossil och förnybar, som behövs för att producera drivmedlet. Ett värde på 0,5 innebär att produktionsenergin uppgår till 50 % av bränslets energiinnehåll. Generellt sett så visar denna studie att biodrivmedel har en sämre energibalans än traditionella drivmedel. Ofta ligger de på ett värde större än 1, vilket betyder att det går åt mer energi i produktionen än vad energiinnehållet i bränslet är.

⁵ Joint Research Centre of the European Community.

⁶ European Council for Automotive R&D.

⁷ Oil Companies' European Organisation for Environment, Health and Safety.



Figur 9 MJ förbrukat energi i förhållande till energiinnehåll i drivmedlet.

En liknande rapport har även sammanställts till Kaliforniens energikommission (TAIX LCC 2007). Där har man tittat på livscykelerspektivet för ett flertal drivmedel som bensin, diesel, blandningar mellan olika bio- och fossila drivmedel samt nya alternativa drivmedel baserade på fossila eller förnybara råvaror. I studien redovisas energibehoven

för WTT i relation till energiinnehållet i det färdiga bränslet. Generellt sett har fossilbaserade bränslen bra energieffektivitet där energianvändningen i WTT ligger mellan ca 15 och 30 % av energiinnehållet i bränslet. Etanol producerad med majs har lite sämre relationstal där värdena är mellan 50 till 70 %. En nackdel med resultatredovisningen är att endast relativa värden redovisas och att man därför inte får en uppfattning av hur stor den absoluta energianvändningen är för de olika bränslena.

Enligt en studie av Börjesson (2008) spelar det en avgörande roll för resultaten vilka förutsättningar som antas i studierna över hur resurs- och energieffektiva olika bränslen är. Eftersom biodrivmedel kan produceras på ett flertal olika sätt och på många olika ställen i världen så innebär det att även förutsättningarna varierar. Av den anledningen går det att visa att biodrivmedel kan vara både bra och dåligt för miljön. Det går därför inte att generalisera i debatten, till exempel säga att etanol alltid är ett dåligt val, och det är viktigt att man studerar vilka förutsättningar som antagits i studier. De förutsättningar som identifierats som några av de viktigaste för resultatens utgång är hur produktions-systemet är konstruerat, vilken mark som används för odling av råvaran och hur producerade biprodukter hanteras i förädlingskedjan. Med etanol som exempel visade Börjesson (2006) att energibalansen, förhållandet mellan drivmedelsutbytet och insatt energi, kan variera väsentligt beroende på gjorda antaganden. I kunskapsöversikten sammanställdes resultat från ett flertal studier där man studerat energiutbytet av etanol producerad med spannmål, sockerbetor, majs och lignocellulosa, se Tabell 1. Exempelvis varierade energiutbytet för spannmålsbaserad etanol mellan 0,7 till 2,8, vilket betyder att man kan visa att etanol använder mer energi för att produceras än vad de ger i drivmedelsutbyte samt att den också kan ge nästan tre gånger så mycket i utbyte som vad produktionen kräver. Det innebär också att man inte direkt kan jämföra olika studier med varandra och få ett rättvisande resultat. För att detta ska kunna ske måste alla förutsättningar och antaganden vara tydligt beskrivna, vilket de inte alltid är.

Tabell 1 Variation i energiutbyte för etanolproduktion, enligt svenska och internationella studier.

Råvara	Energiutbyte
Spannmål	0,68–2,83
Sockerbetor	1,18–2,50
Majs	0,69–2,51
Lignocellulosa	1,80–5,65
Vin	0,91

I Energimyndigheten (2008) sammanställs några studier som genomförts om energiutbyte vid produktion av 2:a generationens biodrivmedel, se Tabell 2. Enligt tabellen kan termisk förgasning generellt ge bättre drivmedelsutbyte jämfört med cellulosa-producerad etanol. Eftersom man tittat på energikombinat där flera produkter produceras samtidigt redovisas även utbytet av dessa, i detta fall el och värme. Allmänt kan man säga att för att få bättre drivmedelsutbyte så minskar utbytet av andra de andra produkterna.

Tabell 2 Energiutbyte 2:a generationens biodrivmedel.

Drivmedel	Drivmedelsutbyte %	EI %	Värme %
Etanol	21–26	10–16	27–36
Etanol [^]	35	4	14
Etanol [#]	40	10	14
Metanol	25–57	-1–10	>0–36
DME	24–52	9–30	>0–21
F-T diesel	34–44	3–23	>0–16
Biometan	66	-4–(-3)	>0–4

[^] Drivmedelsoptimerad kort sikt.

[#] Drivmedelsoptimerad medellång sikt

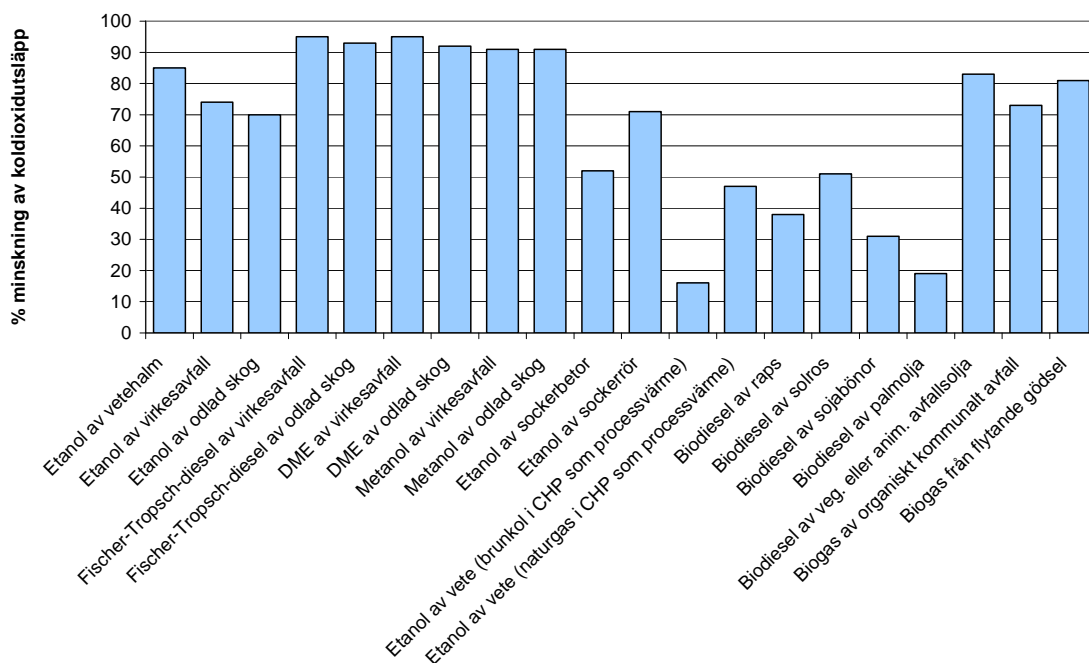
Trafikverket, dåvarande Vägverket, gav ut en rapport där systemeffektiviteten i ett förenklat livscykelperspektiv, från uttag av råvara till slutanvändning, hos en del drivmedel undersöktes (Vägverket, 2001). De drivmedel som ingick i studien var syntetiska bränslen, etanol, metanol, DME, metan och vätgas. Resultaten visar att fossilbaserade bränslen har högre systemeffektivitet än de biomassabaserade. Beroende på råvara, energiomvandling och drivsystem så ligger den relativa energieffektiviteten jämfört med bensin på mellan 0,375 (el från vätgas, ottomotor och konventionellt drivsystem) till 0,925 (DME, dieselmotor, hybrid) och mellan ca 7 % till 14 % av energin i råvaran kommer till användning som nyttig energi.

4.2 Växthusgasutsläpp

I Förnybarhetsdirektivet (European Commission, 2009a) anges uppskattade typiska och normalvärden för koldioxidminskning som kan uppnås med framtida biodrivmedel jämfört med motsvarande fossila drivmedel⁸. I Figur 10 redovisas ett urval av de uppskattade normalvärdena som anges i direktivet. De nio första är framtida biodrivmedel och de följande elva, från och med etanol från sockerbetor, är de som idag är kommersiella. Som kan ses av figuren beräknas de framtida biodrivmedel kunna ge upphov till markant lägre CO₂ utsläpp än vad dagens biodrivmedel beräknas göra. Det är endast biogas som kommer upp i samma nivåer. Som också kan utläsas av figuren så spelar det stor roll vilken typ av energiförsörjning som används i produktionen. Om man tittar på etanolproduktion med vete kommer en produktion som använder el producerad från brunkol inte att ge upphov till lika stora minskningar av CO₂-utsläpp som samma produktion där naturgas används för att producera processenergin. Sett till de krav som finns på vilka biodrivmedel som får räknas in när länderna ska sammanställa andelen förnybara drivmedel i transportsektorn så hamnar etanol av vete (brunkol) och biodiesel av palmolja och sojaböner utanför gränsvärdet på 35 % koldioxid-

⁸ Till framtida bränslen räknas sådana som inte fanns, eller endast fanns i en försumbar omfattning på marknaden i januari 2008.

minskning och får inte räknas in i statistiken över mängd använda biodrivmedel. Om de angivna normalvärdena inte förändras kommer det år 2017, då kraven skärps till en CO₂-minskning med minst 50 %, innebära att ytterligare två biodrivmedel inte klarar gränsen för godkänt, etanol av vete (naturgas) samt biodiesel av raps.



Figur 10 Normalvärden på uppskattad minskning av CO₂-utsläpp av biodrivmedel jämfört med motsvarande fossila drivmedel.

I TAIX LCC (2007) undersöktes även växthusgasutsläppen för olika drivmedel i ett livscykelperspektiv. Där såg man att mängden utsläpp från biodrivmedel beror på insatsvaror i jordbruket, hur man allokerade biprodukter och hur kolintensiv energin är som används i produktionsprocessen. En rangordning visade att etanol från avfall gav de lägsta utsläppen följt av etanol från cellulosa och sockerrör där inga fossila bränslen använts till processenergi. Sista i listan hamnade etanol producerad av majs och där koleldade pannor används i produktionsprocessen. En annan faktor som författarna identifierade som viktiga parametrar i WTT för biodrivmedel är förändringen av markanvändningen där det kan vara nödvändigt att närmare undersöka avskogningsproblematiken för vissa typer av biodrivmedel.

För fossila bränslen är det främst kolinnehållet i råvaran och vilket bränsle som används i produktionsprocessen som avgör hur mycket växthusgasutsläpp det blir. Syntetiska bränslen baserade på kol och med CO₂ avskiljning och komprimerad naturgas (CNG) gav lägst utsläpp medan syntetiska bränslen baserade på kol och utan avskiljning av CO₂ var sämst.

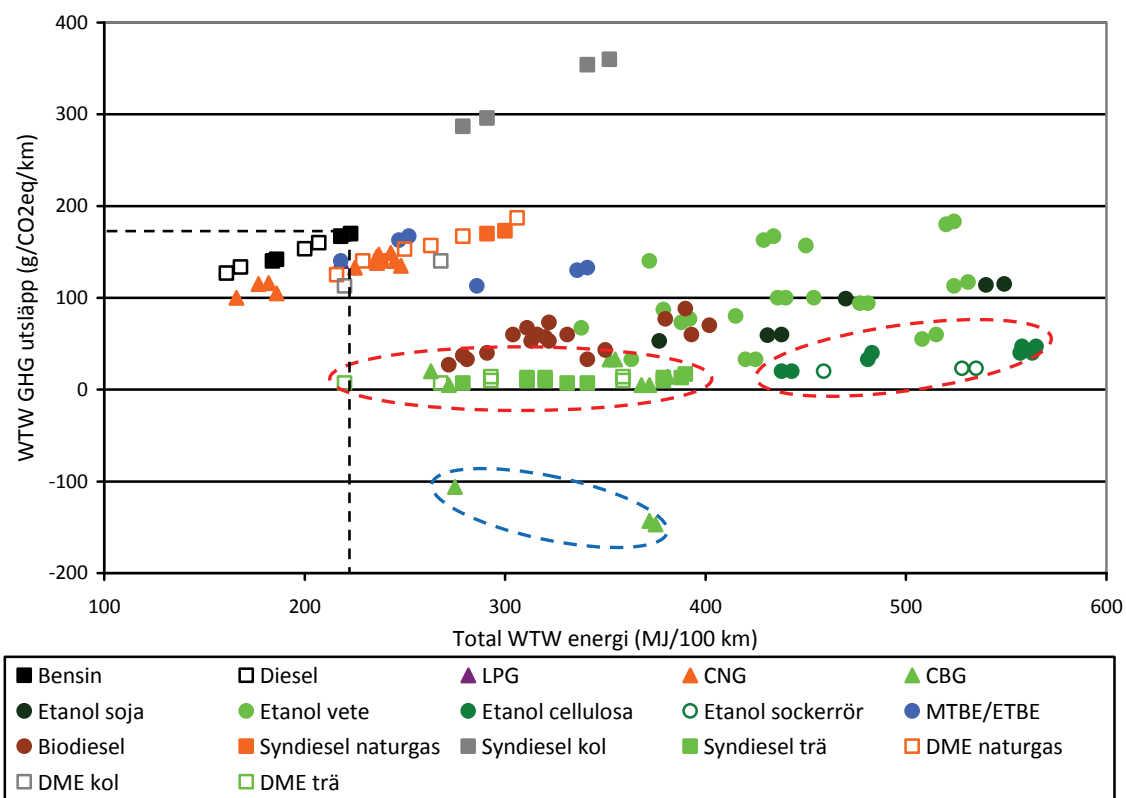
Börjesson m.fl. (2010) har genomfört livscykelanalys med utgångspunkt från svenska förhållanden och för biodrivmedel som är aktuella idag. Resultaten för miljöprestandan ska tolkas som genomsnittliga värden för respektive biodrivmedel och under aktuella förhållanden. Sammantaget ger resultaten att användning av biodrivmedel i Sverige leder till en klimatnytta jämfört med fossila bränslen, där reduktionen av växthusgaser ligger mellan 67 och 148 % beroende på produktionskedja och den beräknade energibalansen är i studien positiv för alla råvaror och produktionskedjor i

undersökningen, mellan 1,29 och 6,48 beroende på vilken systemgräns och allokeringsmetod som används.

Vid en genomgång av 97 vetenskapliga publikationer om livscykelanalyser av biomassa till energiändamål fann man att de flesta studierna visade på väsentliga minskningar av nettoutsläppen av CO₂ när fossila bränslen ersattes av bioenergi (Cherubini och Strømman, 2011). Men även i denna översikt konstateras att jämförelser mellan olika LCA-studier försvåras av användningen av olika indata, enheter, allokeringsmetoder, referenssystem och andra antaganden. Till det kommer osäkerheter och användning av lokala indata för indirekta effekter som markanvändning. Man fann även att det finns stora osäkerheter i LCA för nya och relativt avancerade tillverkningsprocesser, till exempel pyrolys och förgasning som används för att producera 2:a generationens biodrivmedel. Osäkerheterna beror på bristen av data som hittills anses ha förhindrat att någon heltäckande studie kunnat genomföras och de studier som har gjorts baseras till stor del på uppskattningar. Den närmast liggande utmaningen för LCA-studier inom detta område är att utveckla metoder att hantera osäkerheter och att inkludera indirekta effekter, till exempel effekter av förändringar i markanvändning, effekter på biodiversitet och fastställande av de kväveemissioner som orsakas av gödning.

4.3 Energianvändning i relation till växthusgasutsläpp

I JEC (2007) relaterades även hur mycket energi ett bränsle använder jämfört med hur mycket växthusgaser det släpper ut sett i ett livscykelperspektiv, se *Figur 11*. Generellt sett visar de att det går att väsentligt minska utsläppen av växthusgaser jämfört med fossila bränslen, men det sker till kostnad av en högre energianvändning. De värden som är inringade i rött är de som representerar vissa av 2:a generationens biodrivmedel. Syngasdiesel och DME från träråvara är generellt sett mer energieffektiv än etanol från lignocellulosa. Även komprimerad biogas (CBG), i *Figur 11* inringad i blått, leder enligt studien till negativa växthusgasutsläpp samtidigt som den är relativt energieffektiv jämfört med andra biodrivmedel. Som också kan utläsas ur figuren så kan biodrivmedel i ett fåtal fall leda till högre eller likvärdiga växthusgasutsläpp och högre energianvändning än vad det valda fossila referensdrivmedlet gör.



Figur 11 Energiåtgång och växthusgasutsläpp, Well-to-Wheels (fritt från JEC 2007).

4.4 Markanvändning

En ökad efterfrågan på biodrivmedel kommer att leda till att det behövs mer råvaror för att möta denna efterfrågan. EU:s mål innebär 10 % andel förnybara drivmedel till 2020. Med utgångspunkt från drivmedelsförbrukning 2007 som motsvara 4 387 TWh, skulle det innebära att behoven kommer att öka till ca 439 TWh, vilket kan jämföras med de 91,6 TWh förnybara drivmedel som användes 2007 (Eurostat, 2009). Samtidigt sker liknande utveckling i andra länder och det finns tvivel om att tillgångarna av biomassa kommer att räcka till för att samtidigt kunna tillgodose olika marknader med det som efterfrågas. Framförallt har det förts en diskussion om att biodrivmedel skulle konkurrera ut livsmedelsproduktion, vilket skulle kunna få negativa effekter främst i fattigare länder. En utveckling mot en mer storskalig produktion av biobränsle kan betyda ökade miljörisker. En förändrad markanvändning med en omvandling av skog, torv och gräsmark skulle kunna leda till att mer koldioxid frigörs än vad som sparas med att ersätta fossila bränslen (Eurostat 2010b). Dessutom ses att det kan finnas en risk att en ökad produktion av grödor skulle skada mark- och vattenresurser och leda till negativa konsekvenser på den biologiska mångfalden (EEA, 2004). Det finns även indirekta effekter som kan ge negativa konsekvenser (EEA, 2009). Ett exempel på en indirekt effekt är om efterfrågan på biodiesel ökar i Europa. Inom regionen finns möjligheten att den raps som odlas för RME kan ske på ett hållbart sätt. Men samtidigt som mer raps blir biodiesel så blir mindre mängd rapsolja tillgänglig för matproduktion både inom och utanför Europa. Den bristen behöver fyllas av något annat, vilket kan innebära att mer raps odlas i länder utanför Europa där andra produktionsmetoder som inte är hållbara kommer att användas.

I dag tar dock odlingen av råvaror till biodrivmedel cirka 25 miljoner hektar i anspråk, vilket utgör 0,5 % av den odlade marken globalt sett (Johnson m.fl., 2008). Man kan därför inte med säkerhet säga att konkurrensen om marken har nått några kritiska nivåer och hittills har det inte visats att drivmedel till signifikant grad påverkat matpriser eller markförsämring. Det är snarare andra orsaker, t.ex. väderförhållanden, som har haft påverkan. Men med en ökad efterfrågan finns risken att det kan bli så i framtiden. Den risken ökar i och med att det blir dyrare och dyrare att utvinna fossila bränslen samtidigt som befolkningen växer och med det även efterfrågan på såväl mat som energi.

Produktionen av råvaror till biodrivmedel som hör till 1:a generationens biodrivmedel är landintensiva. Ska de ersätta fossila bränslen i större omfattning kommer det att leda till konsekvenser på markanvändningen (Johnson och Roman, 2008). För att kunna säkerställa att produktionen är hållbar skulle en gräns kunna sättas som anger en minsta nivå på hur mycket växthusgasutsläppen ska minska i och med användning av biodrivmedel jämfört med fossila bränslen. Att sätta en sådan gräns på 50 % beräknas kunna stänga ute en stor del av dagens produktion av 1:a generationens biodrivmedel.

Det finns ett flertal olika möjligheter och kombinationer att odla och utnyttja biomassa till energiändamål som el- och värmeproduktion samt till drivmedelsproduktion. Eftersom en del biomassa konkurrerar om marktillgång med livsmedelsproduktion föreslås att man koncentrerar sig på råvaror som ger ett högt utbyte av drivmedel per hektar samt restprodukter och sådan biomassa som kan odlas på oanvänd mark, exempelvis mark i träda (Börjesson m.fl., 2008).

Biodiversitet är en annan aspekt som förs fram bland annat effekten av biodrivmedel på känsliga områden där en expansion av jordbruksmark till exempel kan leda till minskad tillgång på områden som är lämpade för många arter (Groom m.fl., 2008). Effekter på den biologiska mångfalden beror mycket på vilken slags mark som tas i användning. Om nya marker bryts, exempelvis naturmark med höga naturvärden, kan det leda till problem för den biologiska mångfalden, väsentliga miljöskador och att det inte är värt att genomföra för att få ut mer biobränslen (Europeiska kommissionen, 2007).

Det finns studier som påvisar problemet med att västvärldens efterfrågan leder till förlust av biologisk mångfald i tredje världens länder till följd av att regnskog avverkas till förmån för energirika grödor såsom sockerrör i Brasilien eller oljepalmer i Indonesien (exempelvis Suurs m.fl., 2009; Searchinger m.fl., 2008; Reinhart m.fl., 2007). Havlík m.fl., (in press) skriver att det finns lite kunskap om och erfarenheter av hållbar management av artrika regnskogar både ur aspekten biodiversitet och för uttag av virke. I hållbarhetsdirektivet identifieras problemen med att kunna kontrollera att denna produktion sker på ett hållbart sätt. En rapport håller på att arbetas fram som beskriver hur länderna inom EU ska kunna säkerställa att hållbarhetskriterierna även uppfylls för biodrivmedel som importerats till unionen. Rapporten planeras färdig under 2012.

Förutom konkurrensen om mark för matproduktion och en möjlig påverkan på biodiversiteten finns även frågan om en ökad produktion av biodrivmedel och dess påverkan på landskapet. En förändrad markanvändning kommer förmodligen att ge ett förändrat landskap, men det är en fråga som hittills verkar ha en tillbakadragen roll i sammanhanget. Emellertid har Weih (2006) behandlat frågan vad förlust av kultur genom odling av energiskog innebär dels ur ett estetiskt perspektiv, dels ur ett värdeperspektiv som då även tar upp kopplingen mellan natur och kultur. Bland annat belyser man möjligheten att höja natur- och kulturmiljövärden genom att aktivt utforma och sköta odlingar. Flera studier fokuserar på västvärlden avseende var och på vilken sorts mark odlingarna skall

ligga (exempelvis Londo m.fl., 2010). Ong m.fl. (2009) tar upp problemet med åkermarkens användning, för odling av mat eller energi och att det finns de som tror att båda odlingarna kommer att kunna samexistera. Samtidigt finns det några som påpekar att vissa markslag, såsom gräsmarker, inte lämpar sig för drivmedelsodling (Dermibas, 2009).

En ytterligare effekt av en ökad efterfrågan på biodrivmedel är att även ökade möjligheter att produktion av biodrivmedel eller råvaror för detta ändamål mycket väl kan bli en viktig inkomstkälla för tredje världen. Frågan är dock större än att gälla enbart tredje världens länder. T.ex. Pantousou (2008) menar att odling av bioenergi i Grekland kan stärka glesbygdens jordbruk ekonomiskt. Vad som heller inte nämns särskilt är Europas avfolkningsbygder och den mark som i praktiken är tagen ur produktion utan att ha konverterats till skog.

5 Biodrivmedel i framtiden

5.1 Potentiell tillgång av biomassa för energiändamål

Biomassans alltmer betydande roll i det framtida energisystemet har inneburit att man försökt kvantifiera den framtida möjliga tillgången till biomassa där potentialen begränsas av tekniska, praktiska, ekonomiska och miljömässiga orsaker.

En sammanställning av 17 olika studier som handlar om den framtida potentialen av biomassa för energiändamål har gjorts av Berndes m.fl. (2003). Översikten visar att de beräknade potentialerna år 2050 skiljer sig markant åt, från under 100 EJ per år till över 400 EJ per år, vilket motsvarar 28 000 TWh och 112 000 TWh per år⁹. De två främsta förklaringarna till dessa skillnader är olika antaganden om tillgängligheten på land samt hur mycket avkastning som odling av energigrödor beräknas kunna ge. Även förväntningar om den framtida tillgången på biomassa från skog och skogs- och jordbruksavfall varierar kraftigt mellan studierna. En av slutsatserna i sammanställningen är att varken effektiviteten i kolavskiljning eller interaktionen med exempelvis matproduktion och biodiversitet är tillräckligt undersökt i studierna och att det därför är svårt att avgöra om en ökad användning av biomassa är något att sträva efter. Därför eftersöker författarna en mer komplett modell som tar hänsyn till bland annat konkurrensen om resurser och synergier mellan användningsområden.

IPCC (2007) har angivit en teknisk potential på mellan 125 till 760 EJ till år 2050. Det största bidraget beräknas komma från energigrödor på odlingsbar mark och under förutsättning att effektiviseringar inom jordbruket är så pass stora att en ökad efterfrågan på livsmedel också kan tillgodoses utan att det blir ett ökat tryck på att använda mer skogs- och naturmark. Flertalet bedömningar hamnar på en långsiktig teknisk potential på runt 400 till 500 EJ och en praktisk/ekonomisk på mellan 170 till 250 EJ exklusive förluster. Denna mängd ska dessutom fördelas inom hela energisektorn, dvs. el, värme och transporter. Bioenergi kan med dessa utsikter inte lösa transportsektorns klimatproblem utan bör ses som en delösning.

I Offerman m.fl. (2011) sammanställning av potentialstudier uppskattades den framtida potentialen av energigrödor till mellan 200 till 600 EJ per år och restprodukter till mellan 62 till 325 EJ per år. De största potentialerna beräknas finnas i Asien, Afrika och Sydamerika medan Europa Nordamerika och Stilla havs-regionen endast kommer att bidra med en mindre andel. En reflektion som författarna gjorde var att flertalet av studierna var fokuserade på potentialen av energigrödor från degraderad mark och att bara ett fåtal studier även uppskattade potentialen av restprodukter. Det var även ett fåtal som tittade på hur potentialen varierade i olika regioner i världen.

För svensk del visar en studie av potentiell avsättning av biomassa för produktion av el, värme och drivmedel i Sverige så uppskattas avsättningen av biomassa till el- och värmeproduktion kunna öka från 87 TWh till mellan 113 och 134 TWh beroende på hur fjärrvärmens byggs ut (Energimyndigheten, 2008). Då är det främst olika slags träbränslen och avfall som avses.

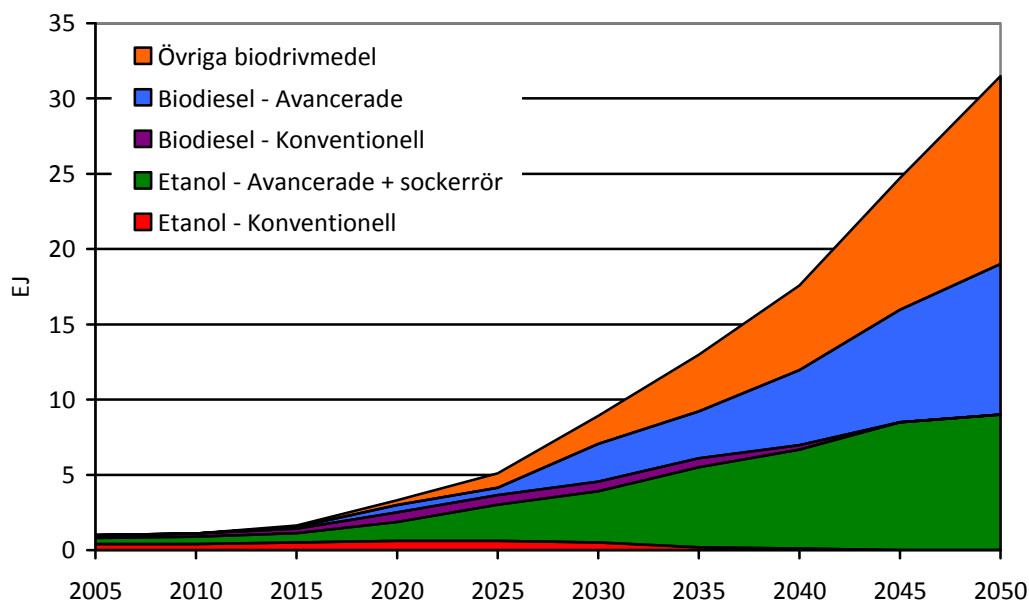
⁹ En omvandlingstabell för energi finns i Bilaga 1.

5.2 Potentiell framtida användning av biodrivmedel

Om de planer som finns i omvärlden om ökad användning av biodrivmedel kommer att realiseras så beräknas de stå för mellan 4 till 8 % av den globala bensin- och dieselkonsumtionen kring åren 2020 och 2030 (Börjesson m.fl., 2008). Den utgörs framförallt av 1:a generationens biodrivmedel, medan andra generationens drivmedel antas endast kunna bidra med en liten andel.

IEA (2010a) har tagit fram ett antal scenarier utifrån utvecklingen av den atmosfäriska halten av CO₂. Biomassa förväntas spela en allt mer betydande roll i energisektorn, speciellt om målet är att stoppa ökningen av halten CO₂ i atmosfären. För transportsektorn ser man att biodrivmedel tillsammans med eldrivna fordon ska bidra till att minska växthusgasutsläppen. Men det är ökad energieffektivitet i den slutliga energianvändningen som anses vara det viktigaste bidraget.

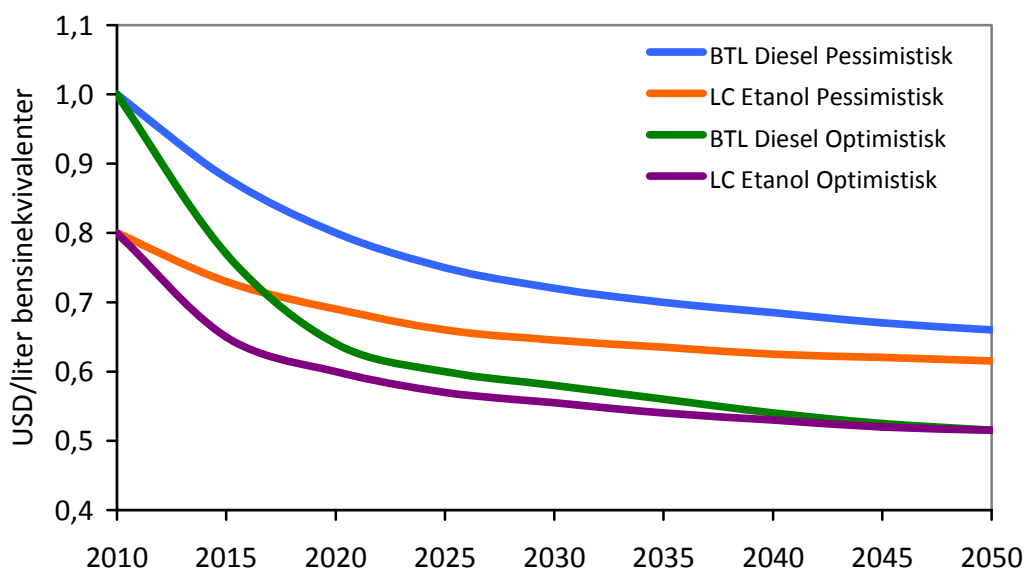
Scenariot, kallat WEO 2009 450, representerar en situation där nivån av CO₂ i atmosfären ska avstanna på 450 ppm. I detta fall beräknas biodrivmedel utgöra ca 9 % av den totala bränsleanvändningen och 2:a generationen kommer att vara betydande efter år 2020. I Blue Map Scenario utgår man från en lägre CO₂ halt och mängden biodrivmedel beräknas öka till drygt 30 EJ år 2050. 1:a generationens drivmedel som en övergångsfas inför en bredare introduktion av de nya biodrivmedel som man tänker sig har störst potential i framtiden. I figuren ses också att konventionell etanol och biodiesel antas fasas ut och ersätts av etanol och biodiesel som produceras med mer avancerade processtekniker. Om biodrivmedlet produceras med enbart odlade energigrödor beräknas markanvändning att uppgå till ca 160 Mha. Att använda skogs- och jordbruksavfall skulle markant minska markbehovet.



Figur 12 Uppskattning av produktionsutvecklingen av 2:a generationens biodrivmedel, BLUE Map scenario (baserat på IEA, 2010a).

5.3 Uppskattad kostnadsutveckling

Konkurrenskraften för biodrivmedel relativt dagens fossila bränslen kommer att främst bestämmas av miljöskatter och av råoljepriset. Genom ökad konkurrens om biomassa kommer drivmedel att i större utsträckning att utnyttja billigare råvaror som restprodukter från skogs- och jordbruk. Dessutom kommer den fortsatta utvecklingen av nya tekniker som exempelvis 2:a generationens biodrivmedel att leda till att man kommer längre upp på lärlkurvan och produktionskostnaderna kommer att sjunka. I IEA (2010b) har man gjort ett försök att uppskatta utvecklingen av kostnadsbilden för biodrivmedel från idag fram till år 2050. I Figur 13 beskrivs en optimistisk och en pessimistisk kostnadsutveckling för biodiesel (BTL) och etanol från cellulosa (LC). Enligt den studien är det i dagsläget ca 25 % dyrare att producera BTL än etanol från cellulosa, men den relativa skillnaden kommer att minska med åren för att i den optimistiska utvecklingen hamna på samma nivå.



Figur 13 Uppskattning av utvecklingen av produktionskostnader för 2:a generationens biodrivmedel (baserat på IEA, 2010b).

Kostnaderna för att producera 2:a generationens biodrivmedel är dock högre än vad de är för 1:a generationens främst pga. högre investeringskostnader. Därför kommer 2:a generationens biodrivmedel inte att vara tillräckligt konkurrenskraftiga till år 2020 (Edwards m.fl., 2008).

6 Diskussion

I stort sett all användning av biodrivmedel idag är sådana som hör till 1:a generationen. Fördelen är att de är relativt enkla att framställa och produktionsprocessen kan i många fall konkurrera kostnadsmässigt med de traditionella fossila bränslena. Men de råvaror som används kan konkurrera om markanvändning med livsmedelsproduktion, vilket kan leda till oönskade konsekvenser, inte minst i utvecklingsländer. Att få en storskalig produktion av den 1:a generationens biodrivmedel som är hållbar bedöms i många fall som orealistisk. Viss effektivisering av produktionsprocessen kan genomföras men det beräknas inte kunna tillgodose en större mängd av efterfrågan på världsmarknaden.

2:a generationens biodrivmedel som använder cellulosarik råvara har därför fått ökad uppmärksamhet. De ger bättre drivmedelsutbyte och är energieffektivare samt använder råvaror som inte konkurrerar om livsmedel eller om markanvändning för livsmedelsproduktion. Den biokemiska omvandlingsprocessen anses ha större potential till förbättring både vad gäller teknik som ekonomi, jämfört med den termokemiska. Den termokemiska har däremot fördelen med att det finns bättre möjligheter att producera bränslen som kan anpassas till olika fordonstyper inom olika delar av transportsektorn. Då kvalitetskraven inte är lika stränga inom sjöfarten som inom väg- och flygtrafik kan det förväntas att 2:a generationens biodrivmedel i första hand kommer att användas inom väg- och flygsektorn. För sjöfarten kommer det sannolikt att finnas billigare alternativ som väljs istället.

En möjlig nackdel med en ökad efterfrågan av biomassa kan leda till att produktionen inte sker på ett hållbart sätt. Europeiska kommissionen (2006) skriver bland annat att det finns oro om att det kommer att finnas effekter på biologisk mångfald, markförsämring, störningar på livsmiljöer mm och att odling av grödor för biodrivmedel ska ske på känsliga områden. För att undvika icke hållbara lösningar för biodrivmedel har ett antal rekommendationer föreslagits. Bland annat att energigröda inte ska konkurrera med matproduktion om mark, att odlingen inte ska leda till negativa miljöeffekter som avskogning och förorening av grundvatten samt att odling och bränsleproduktionen ska vara effektiv sett i ett växthusgasperspektiv (Nylund m.fl., 2008). Enligt Börjesson m.fl. (2008) ska odling av biomassa till drivmedelsproduktionen inte ske på marker definierade som kolrika, som betesmark och torvjordar, och biprodukter som uppkommer i produktionskedjan ska utnyttjas effektivt för att på så vis maximera energi- och klimatnyttan. Lustgasutsläpp ska minimeras genom att mineralgödselkväve kommer från anläggningar med lustgasrening samt att gödselstrategier effektiviseras. Negativ påverkan på biodiversitet och naturvärden är dock problem som inte är specifika för drivmedel utan de gäller även för produktion av mat, foder och virke.

I sammanhanget med ökad produktion av biodrivmedel tas även frågan upp om konkurrens om den odlade marken som även ska användas för att producera livsmedel, samt sekundära effekter som att mer mark inte lämpad för odlingsändamål tas i anspråk. En diskussion som är aktuell är om och hur konkurrensen om den odlade marken kommer att påverka livsmedelsproduktion och matpriser, men en stor del av den diskussionen berör i främsta hand 1:a generationens biodrivmedel. För 2:a generationens biodrivmedel som främst använder lignocellulosa samt avfallsprodukter behöver inte markanvändningen vara ett problem. Där är det initialt främst restprodukter från det befintliga skogsbruket och den träbearbetande industrin som kommer att användas varför markanvändningen kan beräknas bli i stort sett lika med noll (Energimyndigheten, 2001). Med en eventuell ökad produktion kommer det dock förmodligen att bli nödvändigt med nya uttag av skogsråvara och med det kan även mer

mark behöva tas i anspråk. För svensk del har Energimyndigheten i sin rapport gjort en bedömning att det finns tillräckligt mycket restprodukter för att markanvändningen inte ska påverkas i nämnvärd utsträckning inom en överskådlig framtid.

I ett större perspektiv är det dock möjligt att en ökad användning av biodrivmedel kommer leda till att det uppstår konflikter mellan olika användningsområden för biomassa. Även om mängden tillgänglig biomassa kan öka betydligt kommer den förmodligen inte att räcka till att tillfredsställa alla ökade behov till drivmedel, el-, värme- och livsmedelsproduktion (Energimyndigheten, 2007). Enligt Edwards m.fl. (2008) är risken överhängande att det kommer att uppstå en brist på träråvara inom Europa på grund av konkurrens med el- och värmesektor. En slutsats i den rapporten är att eftersom biomassa är en begränsad resurs i Europa är det bäst att effektivisera användningen av den. Enligt författarna skulle det vara bättre att utnyttja biomassa till el- och värmeproduktion istället för till drivmedel.

Vidare konstateras i SOU (2007) att en hållbar introduktion av biodrivmedel behöver ske effektivt ur resurs-, energi- och miljömässiga perspektiv. Resurseffektivt innebär att det ska vara en hög produktion av biomassa per hektar med ett högt energiutbyte per viktenhet, vilket betyder att det behövs en liten energiinsats under produktionen, att energiförlusterna är små och att det leder till miljövinster i hela bränslekedjan. Ett antal studier har genomförts på energibalans och energiutbyte av olika bränslen sett i ett livscykelperspektiv. Resultaten visar på att det finns stora skillnader mellan studierna där man kan visa att ett specifikt bränsle kan ge både positiva och negativa energibalanser. Anledningen till skillnaderna ligger i de bakomliggande antagandena i beräkningsförutsättningarna. Exempelvis är valen av systemgräns, produktionskedja, processenergi och hur allokeringen av restprodukter räknas avgörande för vilket resultat det blir. Generellt sett har det visats att fossila bränslen är energieffektiva men de leder till höga koldioxidutsläpp. 2:a generationens biodrivmedel kan å andra sidan leda till stora minskningar av koldioxidutsläpp men de är för det mesta mer energikrävande.

Även om en ökad användning av biodrivmedel är en önskvärd utveckling så måste konsumenterna vilja använda det och ersätta bensin och diesel. För att de ska få ett genomslag hos konsumenterna behöver biodrivmedlet också ha en kvalitet som motsvarar traditionella fossila bränslen, vara kompatibla med befintlig infrastruktur för distribution och med befintliga fordon samt leda till minskade avgasutsläpp (Nylund m.fl., 2008). En nackdel med marknadsintroduktionen är att man generellt sett kan säga att ett byte till biodrivmedel ger högre produktionskostnader och det är av vikt att arbeta för att effektivisera produktionen och minska dessa. Ett sätt är att i större utsträckning hantera förädling i så kallade bioenergikombinat där man utnyttjar så mycket som möjligt av råvaran genom att producera flera olika produkter samtidigt, både högvärdiga produkter som drivmedel och lågvärdiga som värme. Ett sådant system kommer leda till att utbytet av råvaran förbättras vilket i sin tur kan ge en bättre lönsamhet. Ett exempel på bioenergikombinat som finns i dag är etanol och biogasproduktion på Händelö i Norrköping.

De begränsningar som finns gäller framförallt tekniska och ekonomiska barriärer, vilka kommer att hindra kommersialiseringen på kort sikt (Sims m.fl., 2009). För att få en utveckling som sker i den riktning som är önskvärd och för att uppnå de uppsatta målen är det därför av vikt att forskning, utveckling och etablering av demonstrations- och pilotanläggningar fortsätter. För att inom en rimlig tidsram få till en fungerande marknad är det också av vikt att 2:a generationens biodrivmedel stöds av olika styrmedel som gör dem konkurrenskraftiga. Man bör dock inte begränsa insatserna till ett

fåtal lösningar eftersom inget enskilt biodrivmedel beräknas kunna ge tillräckliga mängder för att kunna tillgodose en stor efterfrågad volym på marknaden (Nylund m.fl., 2008). Därför behövs det ett flertal olika biodrivmedel och i dagsläget vet man heller inte vilka som har den största potentialen. Samtidigt är det också viktigt att fortsätta att effektivisera energianvändningen inom transportsektorn för att få ner de totala energi-behoven.

Utifrån den sammanställning som genomförts i detta notat skulle fortsatta arbeten inom området beröra livscykelperspektiv för olika drivmedelskedjor med olika miljöaspekter. Exempelvis hur man kan odla energigrödor för att behålla biotoper, odlingarnas effekt på den biologiska mångfalden, speciellt avseende känsliga djur- och växtarter, den ekonomiska och ekologiska uthålligheten samt hur man ska återställa tidigare förstörd mark. Även effekterna av odling av bioenergi på mark i kulturmiljö är ett område som nästan inte alls behandlas. I detta sammanhang skall man också se till marginalområden och avfolkningsbygder. Effekterna på landskapet och människors attityder kring att åter igen odla markerna skulle kunna vara frågor att forska vidare om. För Sverige måste man hålla i minnet att mycket åkermark redan har konverterats med avsikten att vara permanent skog.

Det är även intressant att vidare studera kostnader och hur man med bioenergikombinat kan utnyttja råvaran på bästa sätt, att effektivisera produktionsprocesser och minska kostnader. Även frågan om marknadsintroduktion är av vikt där man kan undersöka inom vilket segment av transporter där det lämpar sig bäst och där en introduktion av biodrivmedel kan göra mest nytta. Detta gäller även inom vilka geografiska område som man bör satsa på detta. Är det t.ex. främst inom storstäder eller är det längs de stora transportstråken? Det finns även ett flertal olika alternativa lösningar på styrmedel som kan användas för att stimulera marknaden, men det gäller att hitta en lämplig kombination som kan tillgodose att man får den utveckling mot ett hållbarare samhälle som eftersträvas och att man inte låser in sig i tekniska och ekonomiska lösningar som inte är effektiva på lång sikt.

7 Referenser

7.1 Artiklar och rapporter

- Bacovsky, D., Dallos, M., Wörgetter, M. (2010) Status of 2nd Generation Biofuels Demonstration Facilities in June 2010, Report T39-P1b, 27 July 2010.
- Berndes, G., Hoogwijk, M., van den Broek, R. (2003) The contribution of biomass in the future global energy supply: a review of 17 studies, *Biomass and Bioenergy*, vol 25, pp 1–28.
- Börjesson, P. (2006) Energibalans för bioetanol – En kunskapsöversikt, Lunds universitet, Rapport nr 59, Mars 2006.
- Börjesson, P., Ericsson, K., Di Lucia, L., Nilsson, L.J., Åhman, M. (2008) Hållbara drivmedel – Finns de? Lunds universitet, Rapport nr.66, November 2008.
- Börjesson, P. (2008) Good or bad ethanol – what determines this? Lunds universitet, Report no.65, June 2008.
- Börjesson, P., Tufvesson, L., Lantz, M. (2010) Livcykelanalys av svenska biodrivmedel, Lunds universitet, Rapport nr 70, Maj 2010.
- Cherubini, F., Strømman, A.H. (2011) Life cycle assessment of bioenergy systems: State of the art and future challenges, *Bioresource Technology*, No. 102, pp 437–451.
- De Santi, G. (ed) Edwards, R., Szekeres, S., Neuwahl, F., Mahieu, V. (2008) Biofuels in the European Context: Facts, Uncertainties and Recommendations, JRC Scientific and Technical Reports, EUR 23260 EN-2008.
- Demirbas, A. (2009) Political, economic and environmental impacts of biofuels: A review, *Applied Energy*, 86, pp. 108–117.
- Edwards, R., Szabolcs, S., Neuwahl, F., Mahieu, V. (2008) Biofuels in the European context: Facts and uncertainties, JRC44464.
- EEA (2004) Biobränslen som drivmedel: Om kopplingar till energisektorn och jordbrukssektorn, EEA Briefing 2004:04.
- EEA (2009) EEA Signals 2009 – Key environmental issues facing Europe, European environmental agency.
- EEA (2010) Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2008 and inventory report 2010, Technical report No 6/2010, European Environment Agency.
- Energimyndigheten (2001) Miljöeffekter (klimat, miljö, hälsa) av alternativa drivmedel, Underlagsrapport från Jämförelseprojektet, dec 2001.
- Energimyndigheten (2007) Styrmedel för att främja användning och produktion av biodrivmedel – En lägesrapport, ER2007:31.
- Energimyndigheten (2008) Potentiell avsättning av biomassa för produktion av el, värme och drivmedel inklusive energikombinat – Regionala analyser och räkneexempel, Rapport ER 2008:04.
- Energimyndigheten (2010a) Transportsektorns energianvändning 2009, ES2010:4.
- Energimyndigheten (2010b) Energiläget 2010, ET2010:45.
- Energimyndigheten (2010c) Energiläget i siffror 2010, ET2010:46.

- Energimyndigheten (2011a) Analys av marknaderna för etanol och biodiesel, ER 2011:13.
- Energimyndigheten (2011b) Produktion och användning av biogas år 2010, ES 2011:07.
- EurObserv'ER (2009) The state of renewable energies in Europe, 9th EurObserv'ER report.
- European Commission (2001) White paper – European transport policy for 2010: time to decide, COM(2001) 370 final.
- European Commission (2006). Kommissionens meddelande. En EU-strategi för biodrivmedel.
- European Commission (2007) Communication from the commission to the council and the European parliament. Biofuels Progress Report. Report on the progress made in the use of biofuels and other renewable fuels in the Member States of the European Union.
- European Commission (2009a) Direktiv om främjandet av användningen av energi från förnybara energikällor, 2009/28/EG.
- European Commission (2009b) Specifikationer för bensin, diesel och gasoljor och införandet av ett system för hur växthusgasutsläpp ska övervakas och minskas, 2009/30/EG.
- European Commission (2010) EU energy and transport in figures. Statistical Pocketbook 2010.
- Eurostat (2007) Panorama of Transport, Eurostat Statistical books, Edition 2007.
- Eurostat (2009) Energy, transport and environment indicators, Eurostat pocketbooks, 2009 edition.
- Eurostat (2010a) Energy Yearly statistics 2008, Eurostat Statistical books 2010 edition.
- Eurostat (2010b) Environmental statistics and accounts in Europe, Eurostat statistical books, 2010 edition.
- Eisentraut (2010) Sustainable production of second-generation biofuels – Potential and perspective in major economies and developing countries, IEA Renewable Energy Division, Information paper, February 2010.
- Fischer, G., Prieler, S., van Velthuizen, H., Berndes, G., Faaij, A., Londo, M., m.fl. (2010). Biofuel production potentials in Europe: Sustainable use of cultivated land and pastures, part II: Land use scenarios. *Biomass and Bioenergy*, 34(2), 173–187.
- Grahn, M., Hansson, J. (2009) Möjligheter för förnybara drivmedel i Sverige till år 2030, Institutionen för Energi och Miljö, Avdelningen Fysisk resursteori, Chalmers tekniska högskola, December 2009
- Grahn, M. (2006) Cost-effective fuel choices in the transport sector under stringent CO₂-emission reduction targets. Global energy systems modelling, Chalmers.
- Groom, M. J., Gray, E. M., & Townsend, P. A. (2008). Biofuels and biodiversity: Principles for creating better policies for biofuel production. *Conservation Biology*, 22(3), 602–609.
- Huber, G.W., Iborra, S., Corma, A. (2006) Synthesis of Transportation Fuel from Biomass: Chemistry, Catalyst, and Engineering, American Chemical Society, published on web 06/27/2006.

- Höök, M. (2007) Syntetiska bränslen från kol, UHDSG, 2007-04-25, www.tsl.uu.se.
- IEA (2009) Transport, energy and CO₂ – Moving towards sustainability, International Energy Agency, Directorate of Sustainable Energy Policy and Technology.
- IEA (2010a) Energy Technology Perspectives 2010 2nd generation biofuels production projections in the BLUE Map scenario.
- IEA (2010b) Energy Technology Perspectives 2010 2nd generation biofuel production cost assumptions to 2050.
- IPCC (2007) Climate change 2007, Mitigation of climate change, Working group III report.
- JEC (2007) Well-to-Wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context, Joint Research Centre-EUCAR-CONCAWE collaboration, Well-to-Wheels report, Version 2c, March 2007.
- JEC (2008a) Well-to-wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context, Joint Research Centre-EUCAR-CONCAWE collaboration Tank-to-wheel report Version 3, October 2008.
- JEC (2008b) Description and detailed energy and GHG balance of individual pathways, Well-to-Wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context, Joint Research Centre-EUCAR-CONCAWE collaboration, Well-to-tank Report Version 3.0, WTT Appendix 2, November 2008.
- Johnson, F.X., Roman, M. (2008) Biofuels sustainability criteria – Relevant issues to the proposed Directive on the promotion of the use of energy from renewable sources. European parliament COM (2008) 30 Final.
- Johnson, F. X., Chen, Y., Zuzarte, F. (2008) Biofuels, land use, and sustainable development in Asia and Africa, The Environment Times, Environment & Poverty Times No. 5.
- Kakalov, B., Peteves, S.D (2005) Status and perspective of biomass-to-liquid in the European Union, European Commission, DG JRC UR 21745 EN.
- Karlsson, S., Malm, D. (2005) Förnybar Naturgas – Förgasning av biobränsle för framställning av metan eller vätgas, Rapport SGC 156, Svenskt Gastekniskt Center, Juni 2005.
- Kopyscinski, J., Schildhauer, T.J., Biollaz, S.M.A. (2010) Production of synthetic natural gas (SNG) from coal and biomass – A technology review from 1950 to 2009, Fuel, no 89, pp. 1763–1783.
- Liaquat, A.M., Kalam, M.A., Masjuki, H.H., Jayed, M.H. (2010) Potential emissions reduction in road transport sector using biofuel in developing countries, Atmospheric Environment, 44, pp. 3869–3877.
- Londo, M., Lensink, S., Wakker, A., Fischer, G., Prieler, S., van Velthuisen, H., m.fl. (2010). The REFUEL EU road map for biofuels in transport: Application of the project's tools to some short-term policy issues. *Biomass and Bioenergy*, 34(2), 244–250.
- Mabee, W., Saddler, J. (2008) Potential impact of bioenergy policy - Suggestions for north-south linkage in biofuel development. Report T39-PR3.

- Nexant (2008) Dimethyl Ether (DME) Technology and Markets, PERP07/08-S3, December 2008.
- Nigam, P.S., Singh, A. (2011) Production of liquid biofuels from renewable resources. *Progress in Energy and Combustion Science* 37: 52–68.
- Nylund, N-O., Aakko-Saksa, P., Sipilä, K. (2008) Status and outlook for biofuels, other alternative fuels and new vehicles, VTT Research notes 2426.
- Offermann, R. Seidelberger, T., Thrän, D., Kaltschmitt, M., Zinoviev, S., Miertus, S. (2011) Assessment of global bioenergy potentials, Mitigation and adaptation strategies for global change, Vol. 16, No. 1, pp. 103–115
- Oswaldo, S., Dov, S., Heather, L. (2009) Biodiversity consequences of increased biofuel production. In: Howarth, R., Bringezu, S. (Eds.), *Biofuels: Environmental Consequences and Interactions with Changing Land Use*. Proceedings of the Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE) International Biofuels Project Rapid Assessment, 22–25 September 2008, Gummersbach, Germany. Cornell University, NY, USA, pp. 127–137.
- Panoutsou, C. 2008. Bioenergy in Greece: Policies, diffusion framework and stakeholder interactions. *Energy Policy*, 36(10), 3674–3685.
- Prop. (2008a) En sammanhållen klimat- och energipolitik – Klimat, Regeringens proposition 2008/09:162
- Prop. (2008b) En sammanhållen klimat- och energipolitik – Energi, Regeringens proposition 2008/09:163
- Reinhardt, G., Rettenmaier, N., Gärtner, S., Pastowski, A. (2007) Rain forest for biodiesel? Ecological effect of using palm oil as a source of energy. A study by WWF Germany in cooperation with WWF Switzerland and WWF Netherlands.
- Riksrevisionen (2011), Biodrivmedel för bättre klimat – Hur används skattebefrielsen? RiR 2011:10.
- Rowe, R. L., Street, N. R., & Taylor, G. (2009). Identifying potential environmental impacts of large-scale deployment of dedicated bioenergy crops in the UK. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(1), 271–290.
- Searchinger, T., R., Heimlich, R.A., Houghton, F.X., Dong, A., Elobeid, J., Fabiosa, S., Tokgoz, D., Hayes, and T.H. Yu. (2008) Use of US croplands for biofuels increases greenhouse gases through emissions from land-use change. *Science* 319:1238–1240.
- Sheehan, J., Aden, A., Paustian, K., Killian, K., Brenner, J., Walsh, M., and Nelson, R., 2004. “Energy and environmental aspects of using corn stover for fuel ethanol”, *Journal of Industrial Ecology*, 7(3–4), pp. 117–146.
- Siemens Automationsnytt (2010) I Piteå gör Sunpine biodiesel av tallolja med Totally Integrated Automation, nr 4 2010.
- Sims, R., Taylor, M. (2008) From 1st to 2nd generation biofuel technology- An overview of current industry and RDD&D activities, IEA Bioenergy, OECD/IEA Nov 2008.
- SOU (2007) Bioenergi från jordbruket – en växande resurs, SOU 2007:36.
- SPI (2006) En sammanfattning av: Well-to-Wheels analys av framtida drivmedel och drivlinor i ett europeiskt sammanhang.

Suurs, R. A. A., & Hekkert, M. P. 2009. Competition between first and second generation technologies: Lessons from the formation of a biofuels innovation system in the Netherlands. *Energy*, 34(5), 669–679.

TIAX LCC (2007) Full fuel cycle assessment well to tank energy input, emissions, and water impacts, Draft report prepared for California Energy Commission, February 2007.

Vägverket (2001) Systemeffektivitet för olika alternative drivmedel . Olika drivmedel och drivsystem/motorer i ett livscykelperspektiv, Publikation 2001:39.

Weih, M. 2006, Energiskogsodling på åkermark – möjligheter för biologisk mångfald och kulturmiljö i ett landskapsperspektiv. Rapport till Naturvårdsverket. Sveriges Lantbruksuniversitet.

Wibe, S. (2010) Etanolens koldioxidutsläpp – En översikt av forskningsläget, Rapport till Expertgruppen för miljöstudier 2010:1

7.2 Hemsidor

biofuels.abc-energy.at/demoplants/, 2011-01-20.

cta.ornl.gov/bedb/biofuels.shtml, Biomass Energy Data Book, 2011-01-25.

presse.lufthansa.com/en/news-releases/singleview/archive/2010/november/29/article/1828.html, 2011-02-28.

www.bioenergiportalen.se 2011-01-18.

www.dcmilitary.com/stories/120210/tester_28256.shtml , 2011-01-26.

www.enviro.aero/, 2011-01-26.

www.sekab.se, 2011-01-18.

www.sunpine.se, 2011-01-18.

www.trafikverket.se, 2011-02-25.

www.varmlandsmetanol.se, 2011-01-18.

Nomenklatur och omvandlingstabell energi

BTL	Dieselbränsle producerat av biomassa. (biomass-to-liquid)
CBG	Komprimerad biogas (compressed biogas)
CHP	Kraftvärme (combined heat and power)
CNG	Komprimerad naturgas (compressed natural gas)
CTL	Dieselbränsle producerat av kol (coal-to-liquid)
DME	Dimetyleter
EJ	Exajoule, 10^{18} joule
ETBE	Ethyl-tert-butyleter, en eter baserad på etanol och isobutylene
F-T diesel	Fischer-Tropsch diesel
GJ	Gigajoule, 10^9 joule
GTL	Dieselbränsle producerat av gas (gas-to-liquid)
LPG	Gasol (liquefied petroleum gas)
Mha	Miljoner hektar
MTBE	Metyl-tert-butyleter, en eter baserad på metanol och isobutylene
Mtoe	Miljoner ton oljeekvivalenter
MWh	Megawattimmar, 10^6 watt
PJ	Petajoule, 10^{15} joule
ppm	Miljondelar (parts per million)
TJ	Terajoule, 10^{12} joule
toe	Ton oljeekvivalenter
TS	Torrsubstans
TTW	Tank-to-wheel
TWh	Terawattimmar, 10^{12} watt
VOC	Lättflyktiga organiska föreningar (volatile organic compounds)
VVBGC	Växjö Värnamo Biomass Gasification Center
WGS	Vatten gas reaction (water-gas shift)
WTT	Well-to-tank
WTW	Well-to-wheel

Omvandlingstabell energi

	GJ	MWh	toe
GJ	1	0,28	0,02
MWh	3,6	1	0,086
toe	0,0419	0,00116	1

VTI är ett oberoende och internationellt framstående forskningsinstitut som arbetar med forskning och utveckling inom transportsektorn. Vi arbetar med samtliga trafikslag och kärnkompetensen finns inom områdena säkerhet, ekonomi, miljö, trafik- och transportanalys, beteende och samspel mellan människa-fordon-transportssystem samt inom vägkonstruktion, drift och underhåll. VTI är världsledande inom ett flertal områden, till exempel simulatorteknik. VTI har tjänster som sträcker sig från förstudier, oberoende kvalificerade utredningar och expertutlåtanden till projektledning samt forskning och utveckling. Vår tekniska utrustning består bland annat av körsimulatorer för väg- och järnvägstrafik, väglaboratorium, däckprovingsanläggning, krockbanor och mycket mer. Vi kan även erbjuda ett brett utbud av kurser och seminarier inom transportområdet.

VTI is an independent, internationally outstanding research institute which is engaged on research and development in the transport sector. Our work covers all modes, and our core competence is in the fields of safety, economy, environment, traffic and transport analysis, behaviour and the man-vehicle-transport system interaction, and in road design, operation and maintenance. VTI is a world leader in several areas, for instance in simulator technology. VTI provides services ranging from preliminary studies, highlevel independent investigations and expert statements to project management, research and development. Our technical equipment includes driving simulators for road and rail traffic, a road laboratory, a tyre testing facility, crash tracks and a lot more. We can also offer a broad selection of courses and seminars in the field of transport.

