



**LUND**  
UNIVERSITY



Department of Technology and Society  
*Environmental and Energy Systems Studies*

# HÅLLBARA DRIVMEDEL – FINNS DE?

Pål Börjesson, Karin Ericsson, Lorenzo Di Lucia,  
Lars J. Nilsson, Max Åhman

Rapport nr. 66  
November 2008

ISSN 1102-3651  
ISRN LUTFD2 / TFEM--08 /3057--SE + (1-107)  
ISBN 91-88360-91-1

Dokumentutgivare/Organization, Dokumentet kan erhållas från/ The document can be obtained through LUND UNIVERSITY Environmental and Energy Systems Studies, LTH Box 118 SE-221 00 Lund, Sweden Telephone: int+46 46-222 86 38 Telefax: int+46 46-222 86 44	Dokumentnamn/Type of document Report
	Utgivningsdatum/Date of issue November 2008
	Författare/Author(s) Pål Börjesson, Karin Ericsson, Lorenzo Di Lucia, Lars J. Nilsson, Max Åhman

Dokumenttitel och undertitel/Title and subtitle  
Hållbara drivmedel - finns de?

#### Abstrakt/Abstract

Vårt syfte med denna rapport är att diskutera drivmedel från ett brett perspektiv ur hållbarhetssynpunkt. Biodrivmedel och el analyseras och jämförs med fossila drivmedel. Vår målsättning är att försöka peka ut under vilka förutsättningar som drivmedel kan anses försvarbara ur hållbarhetssynpunkt och vilka system som vi bör utveckla respektive vilka system som vi bör undvika. En övergripande slutsats i studien är att man inte kan fastställa hur hållbara biodrivmedel blir i framtiden utan att samtidigt beakta *skala* och *tillväxttakt*. Dagens biodrivmedel i Sverige är hållbara utifrån den aktuella produktionsvolymen och gynnar utvecklingen av nya drivmedelssystem, men man bör ställa hårda krav på energi- och klimateffektivitet i hela bränslekedjan (från odling till tank) vid ökade produktionsvolymen. Det är av hög prioritet att utveckla bränslesnåla bilar och här kommer elhybridteknologin och elbilar att bli allt viktigare. En långsiktig strategi för biodrivmedel bör innehålla satsningar på teknologi både för termisk förgasning och biologiska omvandlingsmetoder för lignocellulosa eftersom detta är kompletterande lika mycket som konkurrerande teknologier samt ger större flexibilitet och mindre risk för konflikter. Biogas från restprodukter har stora miljöfördelar och kan expandera med liten risk för konflikter. Certifiering (rätt utformat) är ett viktigt och nödvändigt verktyg på vägen mot mer hållbara drivmedel och vid ökade produktionsvolymen, men dessa system ska inte överskattas då de aldrig kan innefatta alla hållbarhetskriterier. Socio-ekonomiska aspekter som arbetsförhållanden, lokal landsbygdsutveckling osv samt effekter av ökad markkonkurrens måste i första hand lösas med generella åtgärder som nationell lagstiftning, fördelningspolitik, program och planer som i sin tur bör stödjas av internationella avtal och utvecklingssamarbete på olika nivåer. Oavsett utvecklingen i Sverige eller EU så kommer biodrivmedelsproduktionen globalt att öka, framför allt i utvecklingsländerna. Det är därför viktigt att ta vara på den möjlighet vi har idag att medverka i utvecklingen och införandet av hållbarhetskriterier. Förnybara drivmedel kan, med rätt utformning och styrmedel för lämplig tillväxttakt och produktionsvolym, leda till en positiv och hållbar utveckling i både industri- och utvecklingsländer.

#### Nyckelord/Keywords

Drivmedel, hållbar utveckling, miljöaspekter, socio-ekonomiska aspekter

Omfång/Number of pages 107	Språk/Language Swedish	ISRN ISRN LUTFD2 / TFEM--08 /3057-SE +(1-107)
ISSN ISSN 1102-3651	ISBN ISBN 91-88360-91-1	

Intern institutionsbeteckning/Department classification  
Report No. 66

## Sammanfattning (utökad)

En ökad användning av fossila drivmedel driver utvecklingen mot att fler icke-konventionella fossila råvaror används (tjärsand, CtL) vilket driver upp CO<sub>2</sub>-utsläppen ännu mer jämfört med ”vanlig” bensin/diesel. Samtidigt finns det en relativt stor teknisk potential av biomassa men utnyttjandet av denna kommer att begränsas av ekonomiska och praktiska skäl. Bioenergin kan bara vara en dellösning på transportsektorns klimatproblem och ska ses som ett komplement till effektivare fordon samt åtgärder för minskat och effektivare transportarbete.

Biodrivmedelssystem är betydligt mer sammansatta än dagens fossila system med många fler möjliga kombinationer. Därför måste hela produktionskedjan tas i beaktande och det är därför svårare att generalisera om biodrivmedel på samma sätt som fossila drivmedel. Detta gäller t ex vid analyser av hur biodrivmedelssystem (inklusive el) uppfyller olika hållbarhetskriterier.

Ett hållbarhetskriterium är energibalansen för biodrivmedel som kan beräknas på flera sätt och vilket beräkningsätt som är det mest relevanta bestäms av hur det aktuella systemet är utformat och de lokala förutsättningarna, d v s det finns ingen generell ”rätt” eller ”fel” metod. Eftersom det finns en konkurrens om odlingsmark bör energieffektiva biodrivmedelssystem med högt utbyte av drivmedel per hektar prioriteras, t ex drivmedel från förgasning av energiskog, sockerrörsetanol (som inte kräver pumpbevattning) etc. Det finns också en potential att öka areaeffektiviteten för dagens 1:a generations drivmedel och vid användning av skogsbaserad råvara, framför allt restprodukter, samt vid odling på oanvänd marginalmark har areaeffektivitet begränsad relevans.

Produktion av biogas från biologiska restprodukter har bra energieffektivitet och leder inte till ökad konkurrens om odlingsmark. Detta gäller också för utnyttjande av restprodukter från skogsproduktion för t ex produktion av etanol och drivmedel via förgasning. Dagens svenska produktion av etanol från vete och RME från raps har bra energibalans tack vare att deras biprodukter används på ett effektivt sätt som proteinfoder som ersätter importerat sojaproteinfoder från Brasilien, dvs. dessa anläggningar ska ses som drivmedels- och foderkombinat. I framtiden kan energieffektiviteten öka för såväl dagens som framtida biodrivmedelssystem tack vare utvecklingen av olika slags energikombinatlösningar. Den generella effektiviteten ökar mycket med hybridisering av fordon jämfört med dagens fordon. Att omvandla bioenergi till el för att sedan tanka plug-in hybrider eller rena elbilar ger däremot ingen stor effektivitetsvinst om man jämför med en utvecklad hybrid som drivs med biodrivmedel.

För att säkerställa att biodrivmedel från grödor leder till stor klimatnytta krävs att: 1) drivmedelsanläggningar drivs med bibränslen och inte fossila bränslen, 2) odling undviks på ”kolrika” marker, t ex torvjordar med permanent betesmarks etc, 3) eventuella biprodukter utnyttjas effektivt för att maximera deras (indirekta) energi- och klimatnytta och 4) lustgasutsläpp minimeras genom effektiva gödslingsstrategier och att mineralgödselkväve kommer från anläggningar med lustgasrening. Andra generationens drivmedel baserat på skogsråvara leder till en stor klimatnytta. Dubbel klimatnytta kan fås när restprodukter som t ex gödsel används för biogasproduktion tack vare att spontana metanutsläpp från traditionell hantering av restprodukterna kan reduceras.

Om ökad biodrivmedelsproduktion medför uppodling av ny jordbruksmark med stort kolinnehåll kan klimatvinsten med biodrivmedel gå förlorad. Klimatvinsten kan däremot förstärkas om odling börjar ske på marginalmarker med lågt kolinnehåll. Inbindningen av koldioxid i mark klingar av med tiden medan klimatvinsten med att ersätta fossila drivmedel med biodrivmedel fortgår kontinuerligt. Det är ytterst tveksamt att belasta biodrivmedel med långsiktiga indirekta effekter på markanvändning p g a ”undanträngningseffekter” genom antagandet att ökad biodrivmedelsproduktion alltid leder till nyodling av åkermark. Eventuella undanträngningseffekter gäller i högsta grad även för ökad mat- och foderproduktion. Dock kräver ”hållbara drivmedel” en ”hållbar markplanering” generellt sett.

Elanvändning i transportsektorn, i form av små elbilar eller plug-in hybrider, leder till kraftigt minskade utsläpp av växthusgaser när förnybar el används. Beroende på hur man räknar kan miljönyttan med el variera kraftigt. I en sammanhållen klimatpolitik finns det dock starka skäl som talar för att el i transportsektorn är en väldigt bra framtidslösning, bl a det faktum att det är en koldioxidfri energibärare och att elproduktionen har goda möjligheter att göras mycket koldioxidsnål. I framtiden kommer biodrivmedel i allt större grad att produceras i energikombinat tillsammans med el och värme och omfattningen av dessa kombinat bestäms framför allt av det värmeunderlag som finns tillgängligt (lokalt och nationellt). Dagens debatt kring om biomassa ska användas till el- och värmeproduktion eller drivmedel är därför delvis missriktad.

Gasbränslen ger normalt något lägre utsläpp av reglerade substanser, jämfört med fossilbaserad diesel och bensin, liksom även i viss mån flytande biodrivmedel. Denna skillnad skall dock inte överdrivas då utsläppsnivån idag bestäms framför allt av regleringar som baserar sig på tillgänglig motorteknik och avgasreningsteknik. Framtida plug-in hybrider, elbilar och bränslecellsfordon är de enda som kan ge ”nollutsläpp” på gatan. Dock förskjuts utsläppen ”uppåt” i systemet till kraftstationen eller väteproduktionen. Normalt sett är dock utsläppen lättare och billigare att rena till låga nivåer i en centraliserad stor anläggning än i ett fordon.

För vissa nya drivmedel (t ex väte) finns det säkerhetsproblem vid hanteringen, men problemen förefaller hanterbara. Biodrivmedel har en fördel vid eventuella utsläpp till mark och vatten då dessa är biologiskt nedbrytbara, till skillnad från fossila drivmedel.

Dagens produktion och användning av etanol, RME och biogas hjälper snarare än stjälp utvecklingen av nya och effektivare biodrivmedel. För att långsiktigt tillgodogöra sig bioenergins stora potential inom transportsektorn krävs bättre system än dagens. Denna utveckling kräver breda satsningar på (i) förgasningsteknik, (ii) enzymatisk hydrolys samt (iii) effektiva eldrivlinor. Såväl dagens som framtida produktionssystem kommer i allt större omfattning att utgöras av bioraffinaderier där också plattformskemikalier kommer att produceras, exempelvis eten eller etanol som råvara för kemiindustrin.

Konkurrenskraften för biodrivmedel gentemot fossila drivmedel kommer i framtiden främst att bestämmas av miljöskatter som t ex CO<sub>2</sub>-skatten och av råoljepriset. Med ökad konkurrens om råvaror kommer biodrivmedelsproduktionen att styras mot att utnyttja billigare råvaror som t ex restproduktströmmar från skogs- och jordbruk och hushåll, de s k 2:a generationens biodrivmedel samt biogas. Utvecklingen av produktionstekniker för 2:a generationens drivmedel kräver en fortsatt kraftfull teknik- och marknadsutveckling för att successivt kunna tillgodogöra sig läreffekter och därmed sjunkande produktionskostnader. Högre råvarupriser innebär också risker förknippade med utökad och intensifierad markanvändning.

Eventuella effekter på biologisk mångfald beror framför allt på vilken odlingsmark som utnyttjas. Om befintlig åkermark utnyttjas blir effekterna oftast marginella och positiva medan de kan bli stora och negativa om ny mark med höga naturvärden börjar odlas upp. Uppodling av naturmark med höga naturvärden är dock ett generellt problem som också gäller mat-, foder- och virkesproduktion, d v s det krävs nya och generella styrmedel som innefattar all markanvändning för att förhindra att biologisk mångfald går förlorad.

Påverkan på regional vattentillgång och vattenförbrukning måste beaktas när biodrivmedel baseras på grödor som bevattnas (framför allt sockerrör följt av majs) då bevattning oftast är resurskrävande och därför inte alltid hållbart. En ökad biodrivmedelsproduktion kan påverka behovet av bevattning beroende på vilken gröda som odlas, inom vilken region odlingen sker och dess tillgång på nederbörd, d v s ”rätt grödor” måste odlas i ”rätt områden” för att undvika ökad vattenbrist i utsatta områden.

De senaste årens prisökningar på livsmedelsråvaror beror på en rad samverkande faktorer, där ökad produktion av biodrivmedel har en viss begränsad betydelse. Än så länge upptar odlingen av

biodrivmedelsråvara endast cirka 1,5% av världens åkermark. Cirka 4,4% av den globala spannmålsproduktionen går till drivmedelsproduktion. Andra faktorer som bidragit till prisökningarna är: i) ökad efterfrågan på livsmedel, inte minst kött- och mejerivaror, ii) stigande oljepriser, vilket ökat odlings- och fraktkostnaderna, iii) minskade spannmålslager, iv) torka, v) handels- och jordbrukspolitik och vi) spekulation på marknaden för jordbruksprodukter.

Det finns goda möjligheter att producera ansevära mängder bioråvara samtidigt som livsmedelsförsörjningen tryggas och mark med höga naturvärden lämnas orörd, t ex genom att utnyttja restprodukter från jord- och skogsbruk och expandera odlingsytan på marginalmark och åkermark i träda. De senaste årtiondenas produktionsökningar inom jordbruket har åstadkommit genom framför allt högre avkastning, och till mindre del genom ökad markanvändning. Arealen åkermark har t o m minskat i många länder.

Prisökningarna på livsmedelsråvaror förbättrar lönsamheten för produktionshöjande investeringar inom jordbrukssektorn, inte minst i ekonomiskt svaga regioner, vilket leder till ökad jordbruksproduktion utan att odlingsarealen behöver öka. Befolkningsutveckling, diet och produktivitet är avgörande faktorer för hur det framtida markbehovet för produktion av livsmedel kommer att vara. Klimatförändringarna kan också få stora effekter på framtida skördenivåer men det finns stora osäkerheter kring hur effekterna blir inom olika regioner. När jordbruksgrödor blir konkurrenskraftiga på energimarknaden förstärks kopplingen mellan energi- och jordbrukssektorn genom att energisektorn blir en alternativ avsättningsmarknad vid sidan av livsmedelssektorn.

Det finns både möjligheter och risker med den ökande efterfrågan på biodrivmedel för utvecklingsländer. Effekterna av höjda matpriser ser väldigt olika ut beroende på vilka grupper av människor som avses, t ex fattiga i städer eller fattiga jordbrukare på landsbygden, vilka länder det handlar om, t ex nettoexportörer eller nettoimportörer av livsmedel, samt om man tittar på kort sikt eller längre sikt när anpassningar i jordbruket har hunnit ske. Högre livsmedelspriser har fördelningseffekter som är bekymmersamma men som är ett generellt problem. Svält och undernäring beror inte i första hand på brist på mat idag utan på fattigdom.

Biodrivmedel har satt globaliseringsfrågorna i fokus men det finns väldigt många andra produkter som också tar odlingsbar mark i anspråk, d v s dessa frågor är lika relevanta för all vår konsumtion. Med nya marknader för biodrivmedel och högre priser på jordbruksprodukter ökar möjligheterna för fattigdomsbekämpning genom nysatsningar inom jordbruket och landsbygdsutveckling i många länder, framför allt i södra Afrika och i Sydamerika. En positiv utveckling ställer dock höga krav på en politik som leder i rätt riktning, både i västvärlden och i utvecklingsländerna.

Hållbarhetsaspekter dominerar dagens biodrivmedelsdebatt och avgörande för en fortsatt expansion är hur sektorn kan uppfylla de krav som ställs. Certifiering är ett viktigt verktyg som håller på att utvecklas av många aktörer, framför allt utifrån ett eurocentriskt perspektiv, på olika nivåer men detta verktyg kan ändå inte garantera att alla olika hållbarhetskriterier uppfylls. Begränsningar och problem med certifiering innefattar framför allt hanteringen av sociala och arbetsmiljömässiga aspekter samt indirekta effekter av förändrad markanvändning. Dessutom saknar många utvecklingsländer starka institutioner och kan därför missgynnas av komplicerade regelverk. Certifieringssystem behöver därför kompletteras med andra verktyg som nationell lagstiftning och efterlevnadskontroll samt politiska bilaterala och multilaterala överenskommelser och avtal. Vi har idag en möjlighet att implementera hållbarhetskriterier för biodrivmedel på global nivå som vi bör ta tillvara. Även utan dessa hållbarhetskriterier kommer produktionen av biodrivmedel att öka i framför allt i utvecklingsländerna, med risk för att mindre hållbara system utvecklas.

Sammanfattningsvis kan vi konstatera att man inte kan fastställa om biodrivmedel är hållbara eller inte utan att samtidigt beakta *skala* och *tillväxttakt*. Hur stora volymer av olika drivmedel som kan produceras ”hållbart” beror till stor del på mer generella faktorer i samhället som t ex lagstiftning, jordbruksutveckling, handelspolitik osv, som påverkar sociala och ekonomiska hållbarhetskriterier. Det finns en risk att en alltför snabb tillväxttakt kan leda till suboptimeringar och att mindre hållbara system utvecklas. En anpassad tillväxttakt kan å andra sidan leda till att potentialen av hållbara drivmedelssystem ökar genom att jordbruksproduktionen på befintlig åkerareal effektiviseras (vilket minskar risken för markkonkurrens), effektiva biodrivmedelskombinat utvecklas och att synergier mellan dagens teknikplattformar och framtidens (t ex 1:a och 2:a generationens drivmedel) tas tillvara på ett effektivt sätt.



*Avslutningsvis ger vi följande rekommendationer:*

Det är av hög prioritet att utveckla bränslesnåla bilar och här kommer elhybridteknologin och elbilar att bli allt viktigare

En långsiktig strategi för biodrivmedel bör innehålla satsningar på teknologi både för termisk förgasning och biologiska omvandlingsmetoder för lignocellulosa eftersom detta är kompletterande lika mycket som konkurrerande teknologier samt ger större flexibilitet och mindre risk för konflikter

Dagens biodrivmedel i Sverige är hållbara utifrån den aktuella produktionsvolymen och gynnar utvecklingen av nya biodrivmedel, men man bör ställa hårda krav på energi- och klimateffektivitet i hela bränsekedjan (från odling till tank) vid ökade produktionsvolym

Biogas från restprodukter har stora miljöfördelar och kan expandera med liten risk för konflikter och passar idag bra för lokala och regionala fordonsflottor tills infrastrukturen är mer utbyggd

Certifiering (rätt utformat) är ett viktigt och nödvändigt verktyg på vägen mot mer hållbara drivmedel och vid ökade produktionsvolym, men dessa system ska inte överskattas då de aldrig kan innefatta alla hållbarhetskriterier

Socio-ekonomiska aspekter som arbetsförhållanden, lokal landsbygdsutveckling osv samt effekter av ökad markkonkurrens måste i första hand lösas med generella åtgärder som nationell lagstiftning, fördelningspolitik, program och planer som i sin tur bör stödjas av internationella avtal och utvecklingssamarbete på olika nivåer

Oavsett utvecklingen i Sverige eller EU så kommer biodrivmedelsproduktionen globalt att öka, framför allt i utvecklingsländerna. Det är därför viktigt att ta vara på den möjlighet vi har idag att medverka i utvecklingen och införandet av hållbarhetskriterier.

Förnybara drivmedel kan, med rätt utformning och styrmedel för lämplig tillväxttakt och produktionsvolym, leda till en positiv och hållbar utveckling i både industri- och utvecklingsländer.

## **Förord**

Denna rapport har initierats och finansierats av BIL Sweden. Rapporten bygger till vissa delar på resultat och studier som finansierats av Energimyndigheten, MISTRA, Europeiska Kommissionen, och Crafoordska Stiftelsen.

Vi vill också tacka Sven-Olov Ericson (Näringsdepartementet), Ann Segerborg-Fick (Scania), Helena Johansson (Livsmedelsekonomiska Institutet), Patrik Klintbom (Volvo), Per Kågesson (Nature Associates), Ivar Virgin (Stockholm Environmental Institute), Stephen Wallman (BIL Sweden), Petter Åsman (Vägverket) för värdefulla synpunkter på rapporten samt avslutningsvis Karin Kvist (BIL Sweden) för ett stort engagemang, support och konstruktiva idéer och synpunkter under hela arbetet med studien.

Lund, november 2008

*Författarna*

# Innehåll

HÅLLBARA DRIVMEDEL – FINNS DE?	1
Innehåll	11
1 Biodrivmedel – en översikt av debatten	13
2. Vilken roll kan alternativa drivmedel få i energisystemet?	15
2.1. Biodrivmedel globalt och i Sverige	15
2.2 Energisystem för fordon	17
3. Hur är det med energibalans och markbehov?	23
3.1 Energibalans	23
3.2 Areaeffektivitet	27
3.3 Effektivisering via elbilar	31
4. Leder biodrivmedel till klimatvinster?	34
4.1 Klimatgaser vid odling	34
4.2 Utsläpp från drivmedelsanläggningar och användning av restprodukter	36
4.3 Utsläpp via förändrad markanvändning	39
4.4 Tanka bilen från elnätet	43
4.5 El och värme i stället för drivmedel	46
5. Hur påverkas andra utsläpp?	50
5.1 Reglerade och oreglerade utsläpp	50
5.2 Bränslehantering	51
6. Leder dagens system till bättre biodrivmedelssystem?	53
6.1 1:a och 2:a generationens biodrivmedel	53
6.2 Utveckling av 2:a generationens drivmedel	54
7. Kan förnybara drivmedel vara ekonomiskt hållbara?	57
7.1 Det långsiktiga oljepriset	58
7.2 Den långsiktiga biodrivmedelskostnaden	58
7.3 Hur lågt kan kostnaden för biodrivmedel sjunka?	59
8. Är biodrivmedel ett hot mot den biologiska mångfalden och tillgången på vatten?	63
8.1 Biologisk mångfald	63
8.2 Vattentillgång	66
9. Har biodrivmedel orsakat högre matpriser?	69
9.1 Ökad produktion av biodrivmedel	70
9.2 Ökad efterfråga på livsmedel	71
9.3 Stigande oljepriser, minskade spannmålslager, spekulation och torka	72
9.4 Handels- och jordbrukspolitik	73

10. Räcker marken till mat och bränsle?	76
10.1 Starkare koppling mellan energi- och jordbrukssektorn i framtiden	76
10.2 Markbehov för mat- och foderproduktion	77
10.3 Oanvänd mark och restprodukter	79
11. Hot eller möjligheter för utvecklingsländer?	83
11.1 Effekter av höjda matpriser	83
11.2 Effekter av dagens politik	85
11.3 Fallstudie Mozambique	87
12. Leder dagens politik och olika styrmedel rätt?	90
12.1 Strategier för hållbara biodrivmedel	90
12.2 Pågående initiativ för hållbara biodrivmedel	91
12.3 Viktiga återstående frågor	93
13. Vilka slutsatser och rekommendationer kan vi då dra?	97
14. Referenser och lästips för fördjupning	104

## *1 Biodrivmedel – en översikt av debatten*

De senaste fem åren har användningen av etanol och biodiesel (t ex fatty acid methyl esters, FAME, som bl a utgörs av rapsmetylester, RME) inom transportsektorn ökat snabbt, både globalt och i Sverige, men från en generellt låg nivå. De flesta biodrivmedel är fortfarande beroende av statliga stöd som ges av flera olika skäl, bl.a minskat oljeberoende, jordbruksstöd, industriell utveckling samt på senare tid även av klimatskäl. I USA är fortfarande jordbruksstöd och minskat oljeberoende de främsta skälen för satsningen på biodrivmedel medan Brasilien och flera andra tropiska länder ser industriell utveckling som det främsta skälet. För svensk och europeisk del framstår klimatskäl som allt viktigare för ett fortsatt stöd för biodrivmedel.

Som en effekt av de senaste årens kraftiga och globala expansion och planerna på en fortsatt expansion (framförallt inom EU och USA) har det publicerats en stor mängd av rapporter, artiklar och analyser som behandlar den framväxande globala biodrivmedelmarknaden och om den ska ses som ett hot eller som en möjlighet. Från att biodrivmedel inom EU och i Sverige målats upp som en av flera viktiga lösningar på klimatproblematiken har bilden i media radikalt förändrats där fokus nu förflyttats till möjliga hot och risker. Slutsatserna från olika rapporter skiljer sig ibland väsentligt åt, även om många använder ungefär samma vetenskapliga underlag och statistik.

Bristen på konsensus kan förklaras av att dagens expansion av biodrivmedel har återverkningar i flera olika sektorer inom samhället och på flera delar av världen. Detta gör att frågan analyseras från flera olika håll och med olika syften. Olika aktörer lägger olika mycket vikt vid frågor som klimat, utveckling, handel eller ekonomisk effektivitet och har olika grundläggande syn på t ex frihandel, lämpliga klimatåtgärder och förhållandet mellan nord och syd. Valet av tidsperspektiv, omfattning och skala av biodrivmedelsproduktionen samt kunskap om och tro på andra framtida lösningar på framförallt klimat- och fattigdomsproblematiken är också viktiga förklaringar till skillnaderna i bedömningar. Även själva begreppet ”biodrivmedel” innehåller en stor variation av produktionssystem med olika råvaror och omvandlingsprocesser vilka har olika effekter och som är svåra att generalisera.

Dagens globala tillväxt av biodrivmedel kan sägas ha satt begreppet ”hållbar utveckling” på sin spets och debatten reflekterar precis hur svårt, eller rent av omöjligt, det kan vara att entydigt komma fram till vad hållbar utveckling innebär. Samtidigt har den uppblossande biodrivmedeldebatten på ett tydligt vis även lyft fram globaliseringens effekter där allt vi konsumerar kan beräknas ha effekter långt utanför våra egna gränser. Frågan om vart vårt ansvar börjar och var vårt ansvar slutar har blivit högaktuell med etanol- och biodieseldebatten. Debatten

om biodrivmedlens framtid är ett mognads- och sundhetstecken. Efter de senaste årens kraftiga tillväxt är det naturligt att ifrågasätta hur länge denna tillväxt kan fortsätta och i vilken takt den eventuella fortsatta tillväxten skall ske för att anpassningar i samhället i övrigt skall hinna ske.

Vårt syfte med denna rapport är att diskutera drivmedel från ett brett perspektiv som i största möjliga mån liknar uttrycket ”hållbar utveckling” med den breda definition som uttrycket en gång gavs i Brundtlandrapporten från 1987. Vi analyserar även framtida energibärare inom transportsektorn, såsom el och 2:a generationens biodrivmedel, men tyngdpunkten ligger på dagens situation d.v.s. på etanol, biodiesel (framför allt RME) samt biogas. Rapportens fokus ligger på Sveriges och EU:s *användning* av biodrivmedel och inkluderar således vår inhemska produktion men även den produktion vi ger upphov till via vår import. Som referens används dagens och framtida fossila drivmedel.

I rapporten diskuteras energieffektivitet, klimatnytta, påverkan på biologisk mångfald och vattenbehov, ökade matpriser, markbehov, inlåsnings effekter eller bryggtekniker samt utlandsaspekter. Dagens och framtida styrmedel såsom EU:s drivmedelsdirektiv, certifieringskrav m.m. diskuteras utifrån om dessa leder utvecklingen mot mer hållbara drivmedelsystem. Till sist ges sammanfattande rekommendationer om hur vi kan förhålla oss till de olika produktionssystem för drivmedel som redan finns idag, och de som kan komma att utvecklas inom en relativt snar framtid. Vår målsättning är att försöka peka ut under vilka förutsättningar som drivmedel kan anses försvarbara ur hållbarhetssynpunkt och vilka system som vi bör utveckla respektive vilka system som vi bör undvika. Inledningsvis ges en kortfattad översikt om vilken roll alternativa drivmedel kan få i energisystemet.

## 2. Vilken roll kan alternativa drivmedel få i energisystemet?

### 2.1. Biodrivmedel globalt och i Sverige

Ungefär en fjärdedel av Sveriges totala energianvändning går till vägtransportsektorn (90 TWh av totalt 402 TWh) och den förväntas att öka i takt med ett ökat transportbehov vilket i sin tur är drivet av ekonomisk tillväxt och globalisering. Dagens *globala* energianvändning inom transportsektorn på ca 84 EJ<sup>1</sup> fossil energi förväntas att växa till 132 EJ/år till år 2030<sup>2</sup> om nuvarande trender består. Transportsektorn är till 96 % beroende av fossila bränslen.

Oron för framtida klimatförändringar är idag huvudargumentet i Sverige och EU till varför transportsektorns användning av fossilbränslen måste minska. Andra viktiga argument är ökad energisäkerhet och minskat oljeberoende. Medan Sverige som helhet har lyckats minska sina utsläpp av växthusgaser med 8 % sedan 1990 har transportsektorn gått i motsatt riktning och som enda sektor ökat sina utsläpp med 9%<sup>3</sup>. Detta har skett trots en kontinuerlig effektivisering av fordonsflottan de senaste åren.

En av orsakerna till denna negativa utveckling är att transportsektorn kännetecknas av en hög tillväxt av trafikarbete samtidigt som det visat sig svårt att hitta konkurrenskraftiga alternativ till dagens fossila drivmedel. Transportsektorns energisystem (från källa till hjul) har utvecklats under lång tid och med mycket höga och specifika krav på bränslets energitäthet, renhet och kompatibilitet med existerande fordonsteknik. Utvecklingen kännetecknas dessutom av långa ledtider på både fordons- och bränslesidan. Detta ger på kort sikt relativt höga kostnader för att ersätta fossila bränslen jämfört med andra sektorer i samhället, t ex uppvärmning av bostäder.

Som en del i att minska transportsektorns användning av fossila bränslen och utsläpp av växthusgaser har Sverige sedan 2004 skattebefriat användningen av förnybara drivmedel. Detta har fått konsekvensen att framför allt etanol och biodiesel har introducerats i stor skala på den svenska marknaden. Ytterligare stöd har varit den s.k. pumplagen som kräver att alla tankstationer över en viss storlek skall tillhandahålla åtminstone ett förnybart alternativ (vilket framför allt har stimulerat utvecklingen av etanol) samt miljöbilspremien på 10 000 kr som betalas ut till alla miljöbilar vid nybilsköp.

---

<sup>1</sup> 1 EJ (Exa Joule) = 278 TWh (Terrawatt timmar), Globala energisiffror anges oftast i EJ medan Svensk statistik oftast anges i TWh.

<sup>2</sup> IEA 2007

<sup>3</sup> Den officiella rapporteringen av Naturvårdsverket, 2008

Sverige använde år 2007 ca 2,1 TWh etanol, 1,2 TWh biodiesel (RME) och 0,3 TWh biogas<sup>4</sup>, vilket skall jämföras med förbrukningen av 46 TWh bensin och 40 TWh diesel. Största delen av etanolen (ca 68 %) och i princip all biodiesel (>96%) användes som låginblandning i vanlig bensin/diesel. Resterande del av etanolen försörjde ca 100 000 E85 fordon och biogasen försörjde ca 10 000 bi-fuel fordon (bensin/gas). Lägg därtill ca 1 200 bussar och 2 900 lastbilar som gick på antingen etanol (E85) eller biogas.

Etanol som används som drivmedel i Sverige kommer främst från Brasilien (uppskattningsvis ca 80 %), resten tillverkas inom EU och Sverige. I Sverige sker den största tillverkningen i Norrköping och baseras på spannmål. I Örnsköldsvik tillverkas etanol från sulfitmassa och en mindre mängd ”2:a generationens” etanol via hydrolys. Biodieseln, i form av RME, tillverkades framförallt i Stenungsund och Karlshamn under 2007. Denna produktion kompletterades med ett antal mindre produktionsställen och import via EU. På grund av dålig lönsamhet lades fabriken i Karlshamn och flertalet av de mindre samt planerade anläggningarna i malpåse i början av 2008. Biogasen tillverkas och används idag lokalt på totalt över 55 olika kommuner i Sverige.

Den globala tillverkningen av etanol har ökat kraftigt under de senaste åren med stora produktionsökningar i USA och Brasilien följt av Kina och EU. Även produktionen av biodiesel, som är koncentrerad till EU, har ökat markant de senaste åren. Den globala etanoltillverkningen domineras således av etanol från majs och sockerrör medan biodieselproduktionen domineras av rapsmetylester inom EU. Den globala handeln med biodrivmedel har börjat växa men är fortfarande ganska begränsad.

### ***Bioenergi bara en dellösning***

Planer, som antingen är redan beslutade eller under utarbetande, finns i bl a USA, Brasilien, Indien, Kina och EU för att fortsätta ökningen av biodrivmedel fram till 2020-2025. Fullföljs dessa planer kan biodrivmedel svara för mellan 4 - 8% av den globala bensin- och dieselkonsumtionen kring 2020 till 2030. Denna andel utgörs framför allt av 1:a generationens biodrivmedel, d v s 2:a generationens drivmedel (som bedöms kunna ge ännu större volymer) har bara i mindre omfattning hunnit utvecklats inom denna tidsperiod.

En ökning av andelen biodrivmedel efter 2020-2030 är möjlig men osäker. Även om den *teoretiska* potentialen för framtida bioenergiproduktion är stor, både i Sverige och globalt, så begränsas den i verkligheten av praktiska, tekniska och inte minst ekonomiska hinder. IPCC (2007) anger en

---

<sup>4</sup> Energimyndigheten, 2008



bioenergipotential till år 2050 på mellan 125 EJ upp till 760 EJ<sup>5</sup> vilket återger den stora osäkerheten i bedömningen. De flesta bedömningar hamnar dock kring en långsiktig *teknisk* potential runt 400 till 500 EJ och en *praktisk/ekonomisk* potential på 170-250 EJ. Denna potential skall dessutom delas med framför allt värme- och elsektorn där det oftast på kort sikt är mer kostnadseffektivt att ersätta t ex kol med bioenergi, se kapitel 4.5. Lägg därtill de förluster som fås när man omvandlar bioenergi till drivmedel, t ex blir 100 EJ bioenergi högst 50 till 60 EJ drivmedel med bästa framtida teknik om inte energikombinatlösningar börjar utvecklas och användas. Det kan trots detta och alla andra osäkerheter konstateras att det finns förutsättningar för framtida biodrivmedelsproduktion som kan täcka en del av transportsektorns framtida energianvändning. Exakt hur mycket bioenergi som kommer att utnyttjas och hur stor andel av denna tillförsel som kommer att omvandlas till biodrivmedel är mycket osäkert idag och bestäms av den tekniska utvecklingen och framtida ekonomiska faktorer.

Bioenergi kan således inte lösa hela transportsektorns klimatproblem utan skall endast ses som en dellösning. En generell strategi för att minska transportsektorns klimatpåverkan är genom (i) effektivisera fordonsflottan och transportarbetet, (ii) begränsa tillväxten av transportarbete samt (iii) öka användningen av förnybar energi. I ett flertal studier under den senaste tiden<sup>6</sup> har det konstaterats att samtliga av dessa strategier behövs för att klara transportsektorns utmaningar.

## ***2.2 Energisystem för fordon***

Energisystemet för framdrift av fordon innefattar hela kedjan från produktion och utvinning av råvara, processen för att framställa drivmedlet till fordonsteknik för att använda drivmedlet. Dessa system skiljer sig åt för fossila drivmedel, biodrivmedel och el.

### ***Råvaror***

Dagens höga och ökande efterfrågan på fossila drivmedel driver upp råoljepriserna och accentuerar frågan hur mycket ”konventionell” olja<sup>7</sup> som det finns kvar (den s.k. ”peak oil” debatten). Ökade oljepriser på världsmarknaden och en minskad tillgång på konventionell olja leder till en ökad produktion av bensin och diesel från ”icke-konventionella” fossila resurser såsom tjärsand (i t ex Kanada) eller syntetiska drivmedel från kol i bl a Kina och Sydafrika, s.k. Coal-to-Liquids (CtL).

---

<sup>5</sup> Den totala globala energianvändningen var ca 464 EJ år 2006 varav ca 40-45 EJ var ”traditionell bioenergi” och 9 EJ var ”modern bioenergi” (IEA 2007a).

<sup>6</sup> Senast för riksdagens trafikutskott, se Åkerman och Åhman 2008

<sup>7</sup> Med konventionell olja menas oftast råolja som direkt kan pumpas ur marken och raffinerar. Icke-konventionell olja är fossila resurser som behöver förbehandlas (t.ex kokas) för att få fram råolja (crude)

Drivmedel tillverkat från icke-konventionella fossila resurser har betydligt högre CO<sub>2</sub>-utsläpp per liter drivmedel än vanlig bensin och är oftast förknippat med allvarliga ekologiska konsekvenser vid brytningen. I fallet Coal-to-Liquids är växthusgasutsläppen de dubbla jämfört med konventionell fossil bensin/diesel.

Biomassa för drivmedelproduktion är ingen enhetlig råvara. Biomassa för drivmedelsproduktion delas oftast upp efter om råvaran är socker/stärkelse, lignocellulosa eller vegetabilisk olja. Biomassan kan också klassificeras efter om den kommer från odlingar på jordbruksmark i produktion och konkurrerar direkt med matproduktion, om den kommer från odlingar på överskottsmark som ej är i produktion (t ex trädesmark), marginalmark som inte passar för livsmedelsproduktion, eller från restflöden. Biomassa kan dessutom delas in i våta och torra fraktioner då den våta delen kan rötas till biogas.

Dagens flytande biodrivmedel kommer från den stärkelsesrika delen av spannmålsväxter (t ex vetekärna och majs-korn), från socker (t ex sockerrör) eller oljerika växter (t ex raps eller palmolja). I framtiden sätts stora förhoppningar om att istället utnyttja hela biomassan i växten, den s.k. lignocellulosan. Stora mängder biomassa finns som lignocellulosa i restflöden ifrån skogs- och jordbruk och från hushåll<sup>8</sup>. Lignocellulosa kan också fås från dedikerade odlingar av energiväxter på jordbruksmark, t ex Salix, hybridasp, switchgrass, elefantgräs, och eukalyptus. Vissa bioenergiväxter kan odlas på marker som inte är lämpliga för odling av livsmedel, t ex den oljerika växten jathropa, eller växter med högt cellulosa-innehåll t ex elefantgräs och switchgrass. Restflöden av biomassa som är våt, t ex gödsel, visst hushållsavfall, restprodukter från t ex etanoltillverkning (dranken), samt rester i reningsverk kan rötas till biogas. Biogas kan också framställas från grödor som vallgräs, majs mm. Andra biprodukter såsom avfallsfett, animaliskt fett, tallolja mm kan utnyttjas och förädlas till biodiesel.

### *Drivmedelsprocess*

Processystemen för framställning av biodrivmedel från olika typer av biomassa är mer sammansatta och energikrävande jämfört med raffinering av råolja till bensin-, diesel- och fotogenfraktioner. Dagens etanol och biodiesel har det gemensamt att de framställs med relativt enkla metoder, jäsning eller pressning, från råvaror som redan är tillgängliga på jordbruksmarknaden<sup>9</sup>. Även biogas tillverkas med en relativt väletablerad och enkel process, rötning, från våt biomassa som kommer

---

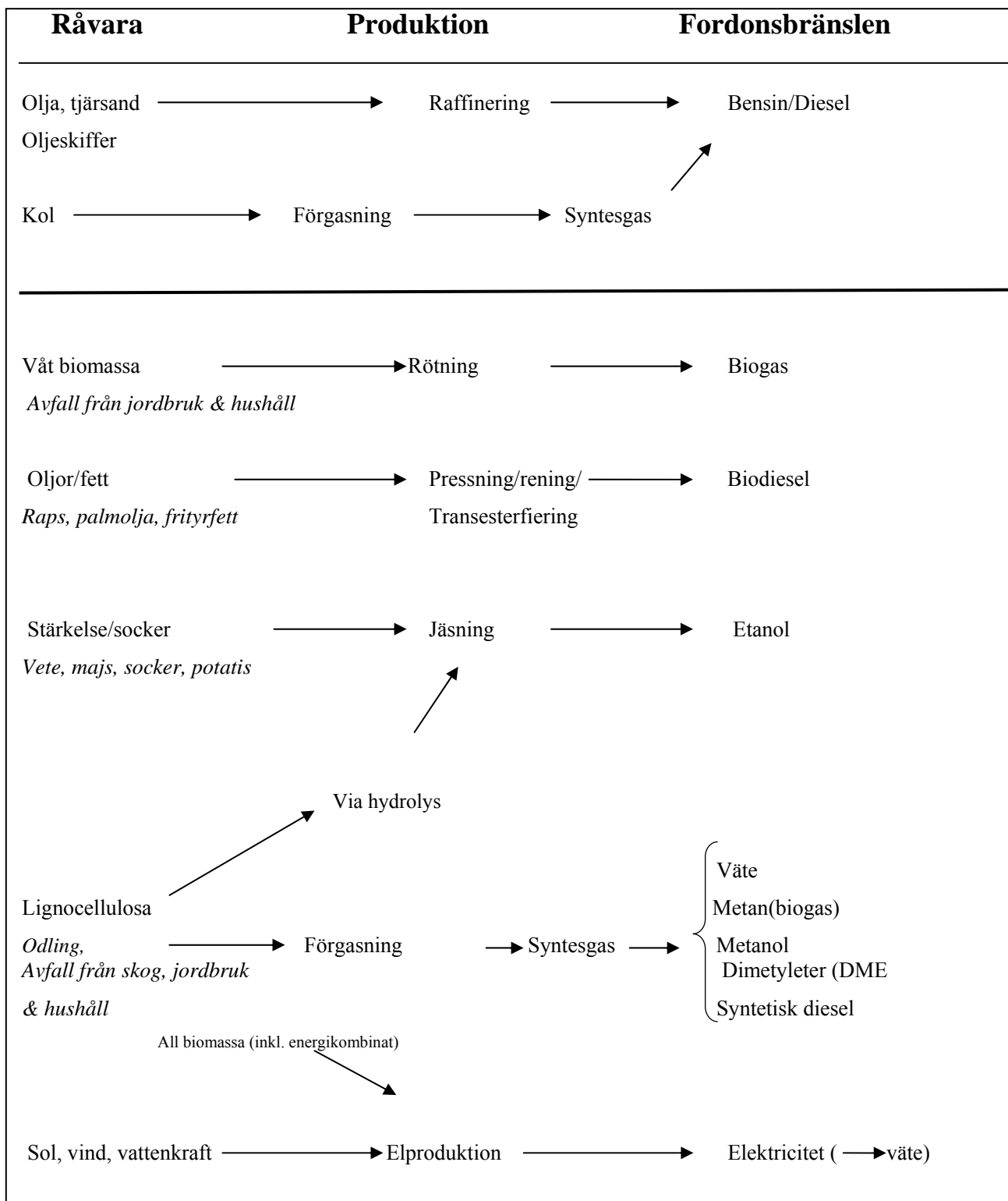
<sup>8</sup> Enligt IEA (2007b) är den långsiktiga potentialen på bioenergi från restflöden mellan 55 till 300 EJ vilket skall jämföras med dagens globala energianvändning på 467 EJ.

<sup>9</sup> Dessa biodrivmedel kallas oftast därför för 1:a generationens biodrivmedel.

från hushållsavfall, reningsverk och gödsel. Svårigheten för biogas har varit att bygga upp en kostnadseffektiv produktionskapacitet och infrastruktur för drivmedelsanvändning .

Framtida biodrivmedel som baserar sig på lignocellulosa kan omvandlas till drivmedel genom huvudsakligen två olika processer, hydrolys (och jäsning) eller förgasning. Genom hydrolys kan cellulosan brytas ner till socker för att sedan jäsas till etanol. I princip all sorts biomassa kan förgasas till syntesgas (väte och kolmonoxid) och från syntesgasen kan man sedan tillverka ett antal olika drivmedel, se Figur 2.1 nedan. Varken hydrolys eller förgasning av biomassa är idag kommersiella tekniker.

El är sannolikt ett viktigt drivmedel i transportsektorn i framtiden. Tillgången på el bedöms vara ett mindre problem jämfört med de eventuella effekter denna ökade elanvändning får och hur man skall räkna på detta miljömässigt. Resultaten skiljer sig kraftig åt utifrån vilket perspektiv man har och detta behandlas senare i rapporten.



**Figur 2.1.** Omvandlingsvägar från förnybara råvaror till drivmedel för de mest aktuella bränslena

## *Fordon*

Generellt är skillnaderna mellan fordonssystemen för flytande biodrivmedel och bensin/diesel relativt små. Vissa anpassningar i motorer och distributionssystem behövs och för vissa bränslen krävs en viss teknikutveckling (t ex för DME<sup>10</sup> i lastbilar).

De stora skillnaderna jämfört med bensin/diesel finns för gasformiga bränslen (biogas, naturgas eller väte) och för elbilar, antingen som plug-in hybrider eller som rena elbilar. Gasformiga bränslen kräver en dyrare infrastruktur som dessutom har större energiförluster vid distribution än flytande bränslen. Detta är framförallt ett problem för en framtida vätesatsning. En ökad elanvändning med t ex plug-in hybrider och elbilar kräver vissa infrastruktursatsningar, t ex i form av laddstationer m.m.

---

<sup>10</sup> DME: Dimetyleter; dieselbränsle som framställs via förgasning från lignocellulosa

## *SLUTSATSER*

- En ökad användning av fossila drivmedel driver utvecklingen mot att fler icke-konventionella fossila råvaror används (tjärsand, CtL) vilket driver upp CO<sub>2</sub>-utsläppen ännu mer jämfört med ”vanlig” bensin/diesel.
- Det finns en relativt stor teknisk potential av biomassa men utnyttjandet av denna kommer att begränsas av ekonomiska och praktiska skäl. Bioenergin kan bara vara en delösning på transportsektorns klimatproblem och ska ses som ett komplement till andra lösningar som effektivare fordon samt åtgärder för minskat och effektivare transportarbete.
- Biodrivmedelssystem är betydligt mer sammansatta än dagens fossila system med många fler möjliga kombinationer. Hela produktionskedjan måste tas i beaktande och det är därför svårare att generalisera om biodrivmedel jämfört med fossila drivmedel.

### ***3. Hur är det med energibalans och markbehov?***

#### ***3.1 Energibalans***

Effektiv utnyttjande av energi, såväl fossil som förnybar, är ett viktigt hållbarhetskriterium. Energibalansen för olika biodrivmedelssystem anger hur mycket biodrivmedel som fås per insatt enhet hjälpenergi. Vid odling av biomassa sker direkta energiinsatser i form av diesel för traktorer mm, samt indirekta energiinsatser via konstgödsel, tillverkning och underhåll av maskiner. Energiinsatser sker också vid transporter och i drivmedelsanläggningar. Sammanställningar av svenska och internationella studier av t ex etanolens energibalans visar att resultaten kan skilja mycket stort, från negativa energibalanser till att man får ut 3-5 gånger mer energi i etanol jämfört med behovet av hjälpenergi<sup>11</sup>. Det finns en mängd faktorer som förklarar dessa stora skillnader mellan olika studiers resultat. Dessa faktorer kan delas in i dels fysiska och tekniska faktorer, dels beräkningsmässiga faktorer. Exempel på fysiska och tekniska faktorer är vilken typ av gröda och råvara som används, i vilket odlingsområde, vilka odlingsmetoder, skördenivåer, teknik i drivmedelsfabriker, drivmedelsutbyte, hur använd el och värme är producerat, transportavstånd osv. De beräkningsmässiga faktorerna utgörs framför allt av hur systemgränserna sätts, t ex om eventuella biprodukter inkluderas eller ej, och hur insatsenergin fördelas mellan drivmedlet och eventuella biprodukter som kan användas för andra ändamål.

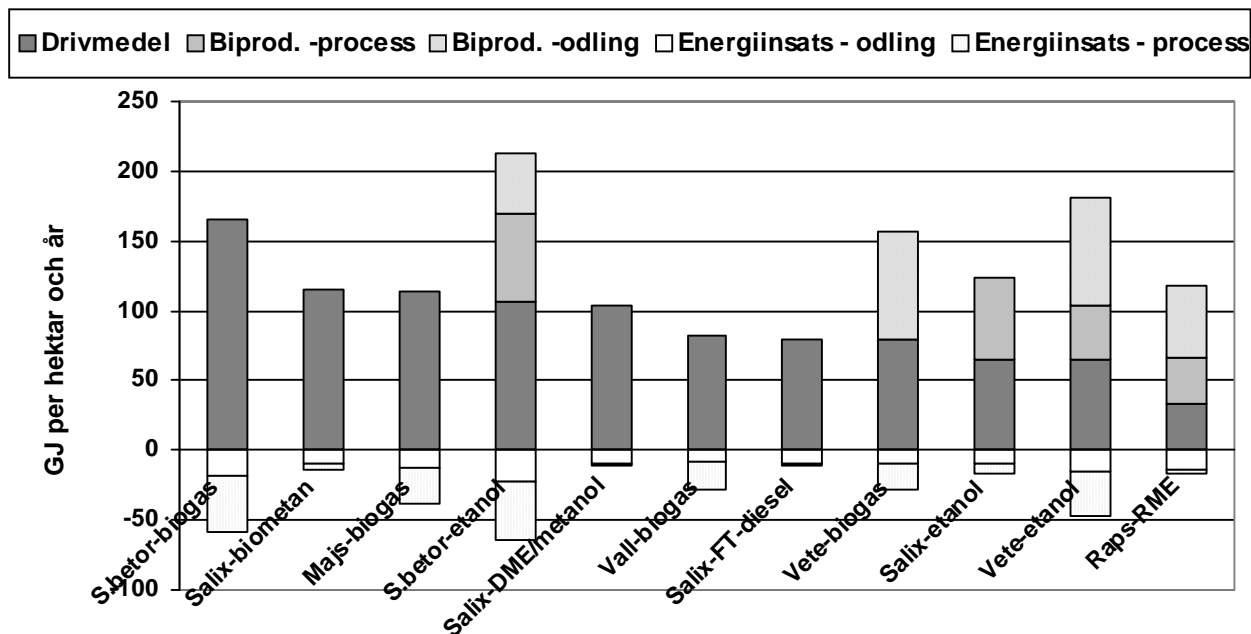
I figur 3.1 ges en bild över hur mycket biodrivmedel som kan produceras från ett hektar åkermark och år när olika grödor odlas och omvandlas till olika drivmedel. Produktionen baseras på dagens teknik (och uppskattad teknik för 2:a generationens drivmedel) och genomsnittlig åkermark i norra Europa, d v s produktionen kan vara både högre och lägre beroende på de lokala och regionala förutsättningarna<sup>12</sup>. Förutom utbytet av drivmedel visas också hur mycket energi som finns i de biprodukter som fås i vissa biodrivmedelssystem, t ex vid produktion av etanol och biodiesel. Biprodukter kan dels fås vid odling som halm och blast, dels i drivmedelsanläggningen som t ex drank vid produktion av spannmålsetanol, rapsmjöl vid RME-produktion och ligninrest vid etanolproduktion från vedråvara (t ex energiskog eller skogsråvara). I figuren visas dessutom hur mycket hjälpenergi som krävs för de olika systemen, för odling (direkt och indirekt energi i form av olika insatsvaror) och transport av råvara och vid framställning av drivmedlet (fossil såväl som

---

<sup>11</sup> Börjesson 2006

<sup>12</sup> Börjesson och Tuvevsson 2008

förnybar energi som biomassa). Vid produktion av biogas fås en rötrest som kan användas som gödselmedel och ersätta konstgödsel vilket leder till en indirekt energivinst, vilket också beaktas.



**Figur 3.1.** Utbyte av biodrivmedel och biprodukter per hektar och år för olika biodrivmedelssystem samt behov av hjälpenergi för att odla och transportera grödorna och omvandla dessa till drivmedel i drivmedelsanläggningar. Den indirekta energivinsten genom att rötresten från biogasproduktion kan användas som gödselmedel och ersätta konstgödsel inkluderas också. Produktionen avser genomsnittlig åkermark i norra Europa (efter Börjesson och Tufvesson, 2008).

Den energiinsats som redovisas i Figur 3.1 är omräknat till så kallad primärenergi vilket innebär att energiåtgången för att t ex framställa diesel inkluderas liksom omvandlings- och distributionsförluster för el osv. Däremot redovisas inte fördelningen av vilka olika energislag som används, t ex andelen drivmedel, el, fasta bränslen osv. Det framförs ibland kritik mot energianalys för att man inte tillräckligt tydligt visar vilken typ av energibärare som används och att kvaliteten på dessa varierar stort. Vid odling används framför allt diesel medan man i en drivmedelsanläggning kan använda fasta biobränslen med lägre energikvalitet. I bl a Berndes m fl (2008) ges en mer detaljerad beskrivning över användningen av olika energibärare vid produktion av biodrivmedel. En slutsats är att fördelningen mellan olika typer av energibärare är ungefär lika mellan olika biodrivmedelssystem och att insatsen av fossila drivmedel utgör som mest cirka en fjärdedel av den totala energiinsatsen.

De biodrivmedelssystem som har högst energibalans är de med högst positiva staplar (utbyte av bioenergi) och låg insats av hjälpenergi (låga negativa staplar). De så kallade 2:a generationens



drivmedel baserade på vedråvara och producerade via termisk förgasning har en hög energibalans (dvs utgående energi i förhållande till ingående hjälpenenergi), ofta mellan 8-10, vilket illustreras av staplarna i diagrammet. När skogsbaserade restprodukter som t ex grenar och toppar (s.k. grot) från slutavverkning och gallring, klen stamved från gallring och röjning mm används blir energibalansen minst lika hög, eller högre som när energiskog utnyttjas. Samma sak gäller när halm från spannmålsodling utnyttjas som råvara vid förgasning och detta gäller även etanolproduktion baserat på halm och skogsråvara jämfört med energiskog. Produktionssystem för biogas från grödor har ofta en energibalans kring 3 (se figur 3.1), och om restprodukter från jordbruket, livsmedelsindustrin osv används blir energibalansen oftast högre (se t ex Berglund och Börjesson, 2006). När det gäller etanol och biodiesel beror deras energibalans på hur man räknar in dess biprodukter. Om t ex spannmålsetanolens biprodukter inte inkluderas blir energibalansen kring 1,3. Om drankens energiinnehåll inkluderas ökar energibalansen till 2,1 och om halmens energiinnehåll också räknas (exklusive den delen som lämnas kvar på fälten för att bibehålla markens bördighet) blir energibalansen 3,6. Slutsatsen är således att för biodrivmedelssystem som också genererar biprodukter kan energibalansen variera stort beroende på hur man räknar med dessa.

Som jämförelse uppskattas energibalansen för brasiliansk sockerrörsetanol uppgå till i genomsnitt cirka 7 vid inhemsk användning tack vare en effektiv odling och effektiv användning av biprodukter (bagasse) i etanolprocessen<sup>13</sup>. När transport till Europa inkluderas (samt lastbilstransport från anläggningar i inlandet till hamn) sjunker energibalansen till knappt 5 för sockerrörsetanol. Energibalansen för majsetanol i USA beräknas ofta vara något lägre än för europeisk spannmålsetanol vilket bl a beror på att biprodukter inte utnyttjas speciellt effektivt idag<sup>14</sup>. Det finns med andra ord en potential att förbättra energibalansen för både majsetanol och spannmålsetanol genom att bättra tillvarata biprodukter som t ex halm. Som diskuterats ovan redovisas i Figur 3.1 bara biodrivmedel från odlade energigrödor men det finns också en stor potential att utnyttja olika slags restprodukter inom jordbrukssektorn för t ex biogasproduktion med ofta en ännu högre energibalans. Potentialen av skogsråvara i Sverige (grot, klen stamved osv) bedöms vara ännu större än potentialen för energiskog från åkermark och dessa skogsbaserade system ger minst en lika hög, eller högre, energibalans vid produktion av 2:a generationens drivmedel.

Energibalansen för bensin och diesel är högre än för biodrivmedel eftersom omvandlingsförlusterna är relativt små när råolja raffinerats till drivmedel. När kol förgasas till flytande drivmedel blir

---

<sup>13</sup> Egeskog och Gustavsson, 2007

energibalansen ungefär motsvarande som när biomassa förgasas till drivmedel. Utvinning och raffinering av drivmedel från ”icke-konventionella” fossila bränslen som tjärsand och oljeskiffer kräver relativt stora energiinsatser, upp till 30 % av oljans energiinnehåll, vilket leder till relativt låg energibalans.

### *Allokering till biprodukter*

Att fördela energiinsatsen baserat på produkternas energiinnehåll kallas ”fysikalisk allokering”. Om det ekonomiska värdet av det specifika biodrivmedlet och dess biprodukter skiljer stort kan det dock vara mer rättvisande att fördela insatsen av hjälpenergi baserat på de olika produkternas pris. Priset på halm är t ex idag endast omkring en åttondel av priset på etanol och priset på drank ligger där emellan. Om så kallad ”ekonomisk allokering” görs blir energibalansen för spannmålsetanol kring 1,7 när biprodukterna inkluderas (jämfört med 3,6 vid fysikalisk allokering). För RME blir den kring 3 (jämfört med drygt 6 vid fysikalisk allokering) och för etanol från vedråvara kring drygt 4 (jämfört med knappt 6 vid fysikalisk allokering) <sup>15</sup>. Genom ekonomisk allokering tar man också indirekt hänsyn till energibärarnas skiftande energikvalitet vilket man inte gör vid fysikalisk allokering. Flytande drivmedel som etanol är ju t ex en betydligt mer högkvalitativ energibärare än stråbränsle som halm (se ovan).

För att komplicera det hela finns det ytterligare en metod för att inkludera eventuella biprodukter i energi- och livscykelanalyser, genom så kallad systemutvidgning. Genom att utvidga systemgränserna tar man hänsyn till vilka alternativa produkter som de aktuella biprodukterna ersätter och vilka indirekta energi- och miljövinster detta innebär. Dranken och rapsmjölet som produceras i dagens etanol- och RME-anläggningar i Sverige används huvudsakligen som proteinfoder till mjölkkor och ersätter oftast importerat sojaproteinfoder från Brasilien. Detta innebär både energi- och klimatvinster eftersom produktionen av sojamjöl (inklusive transport till Europa) kräver mer energi och ger upphov till större klimatutsläpp än produktionen av drank och rapsmjöl <sup>16</sup>.

I den internationella standard som finns för livscykelanalys (ISO 14044) rekommenderas att systemutvidgning görs när så är möjligt och i andra hand allokering. I den europeiska så kallade well-to-wheel-studien framtagen av Concawe m fl (2007) används systemutvidgning vid beräkning

---

<sup>14</sup> Börjesson, 2006

<sup>15</sup> Börjesson och Tufvesson, 2008

av energieffektivitet, klimatpåverkan och kostnader för olika drivmedel. För att kunna göra systemutvidgning krävs att livscykeldata finns för de alternativa produkter som ersätts, vilket ibland saknas. En annan begränsning med systemutvidgning är att marknaden för de alternativa produkter som ersätts måste vara känd, d v s man måste veta i vilken omfattning det finns en kommersiell avsättning för t ex drank och rapsmjöl som proteinfoder. När det gäller drank från spannmålsetanol bedöms den svenska marknaden bli mättad när cirka 2-3 TWh etanol produceras, vilket ungefär motsvarar 5 % av dagens bensinanvändning<sup>17</sup>. Därefter måste drank utnyttjas för andra ändamål, t ex till biogasproduktion eller som bränslepellets, vilket kan leda till en förändrad energi- och klimatnytta. Den europeiska marknaden för drank som proteinfoder bedöms vara i motsvarande storleksordning, d v s etanol motsvarande cirka 5 % av dagens bensinanvändning inom EU kan produceras samtidigt som dranken kan avsättas som foder<sup>18</sup>. När det gäller produktion av RME från raps är det framför allt möjlig odlingsareal som begränsar och inte fodermarknaden för rapsmjöl. En uppskattning är att maximalt cirka 1 TWh RME kan produceras i Sverige med dagens odlingsmetoder innan odlingsarealen blir för stor och problem med växtföljdssjukdomar ökar<sup>19</sup>. Denna mängd RME motsvarar ungefär 2-3% av dagens dieselanvändning. När systemutvidgning appliceras ökar energibalansen för svensk spannmålsbaserad etanol till cirka 5<sup>20</sup>.

### 3.2 Areaeffektivitet

Då konkurrensen om odlingsmark ökar alltmer (se Kap. 9), samt det faktum att biodrivmedel bara kan fungera som en dellösning på klimatproblematiken (se Kap. 2), är det viktigt att välja produktionssystem som ger så höga utbyten av drivmedel per area odlingsmark som möjligt. Areaeffektivitet blir därför alltmer relevant att använda som ett hållbarhetskriterium, framför allt för 1:a generationens drivmedel som baseras på jordbruksgrödor. För 2:a generationens drivmedel som etanol från lignocellulosa samt flytande och gasformiga drivmedel via termisk förgasning är areaeffektivitet i vissa fall mindre relevant. Det gäller t ex när skogsbiomassa i form av olika typer av restprodukter används.

I figur 3.1 beskrivs hur drivmedelsutbytet varierar mellan olika produktionssystem uttryckt som GJ drivmedel per hektar och år. Produktionssystemen är rangordnade i figuren i fallande skala med

---

<sup>16</sup> Flygsjö m fl, 2008

<sup>17</sup> SOU, 2007

<sup>18</sup> Concawe et al 2007

<sup>19</sup> SOU 2007

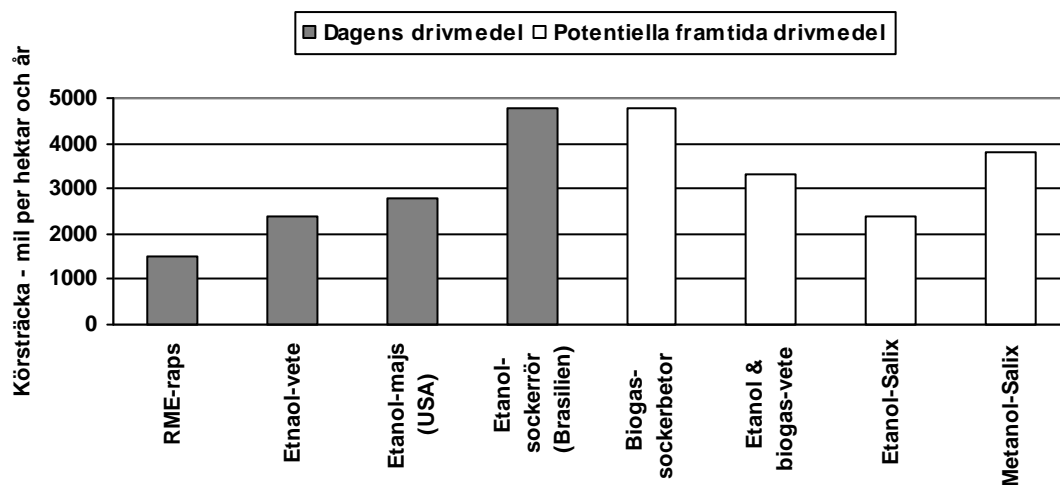
högst utbyte till vänster i figuren och lägst utbyte till höger. Högst utbyte av drivmedel ger biogas från sockerbetor (inklusive blast), cirka 5 gånger högre än RME från raps som ger lägst utbyte. Etanol från spannmål ger ungefär dubbelt så mycket drivmedel per hektar som RME och drivmedel från energiskog via förgasning drygt 3 gånger mer. I Figur 3.2 har dessa utbyten räknats om till att beskriva hur många mil en bil kan köra med biodrivmedel från ett hektar energiodling. Här inkluderas inte energiinsatser eller eventuella biprodukter utan siffrorna avser endast bruttoproduktion av biodrivmedel.

Figur 3.2 har kompletterats med etanol från sockerrör och majs producerat i Brasilien respektive USA (genomsnittlig avkastning). I figuren inkluderas således olika klimatzoner och produktionsområden vilket bör beaktas vid jämförelserna. Om t ex snabbväxande lövträd odlats i Brasilien och förgasats till metanol skulle drivmedelsutbytet blivit allra högst för detta system. Dessutom visas ett exempel då både etanol och biogas produceras från spannmål i ett så kallat energikombinat genom att draken rötas i stället för torkas till foder. Denna tekniklösning provas redan idag och kan bli aktuell i framtida etanolanläggningar om t ex begränsningar finns i avsättning av draken som foder. Det finns ett flertal andra exempel på potentiella energikombinatlösningar där olika slags biodrivmedel produceras tillsammans med t ex el, fjärrvärme och pellets <sup>21</sup>. Genom att utveckla energikombinat vid produktion av 2:a generationens drivmedel från lignocellulosa kan den totala energieffektiviteten för produktionssystemet öka, men samtidigt kan utbytet av biodrivmedel minska något vilket kan påverka areaeffektiviteten något negativt.

---

<sup>20</sup> Börjesson 2008

<sup>21</sup> se t ex Ericsson och Börjesson, 2008



**Figur 3.2.** Möjlig årlig körsträcka i mil per hektar energiodling med olika biodrivmedelssystem som används idag och som potentiellt kan komma att användas i framtiden (avser bruttoavkastning, bränsleförbrukningen antas motsvara 0,9 liter bensin per mil). Om biodrivmedel används i elhybridbilar kan körsträckan per hektar komma att i det närmaste fördubblas (se Figur 3.3). Areaeffektiviteten för 2:a generationens drivmedel har delvis begränsad relevans eftersom dessa framför allt kommer att baseras på skogsråvara och inte huvudsakligen på åkergrödor i framtiden.

Som framgår i Figur 3.2 kan ett hektar raps omvandlat till RME förse ungefär en bil med drivmedel under ett år (1500 mil). I figuren tas hänsyn till skillnader i bilarnas verkningsgrad vilket t ex innebär att RME (i dieslbilar) blir något mer fördelaktigt än tidigare jämförelser med t ex etanol (i bensinbilar). Etanol från vete och majs kan förse 1,5 till 2 bilar och etanol från sockerrör cirka 3 bilar. Även i Sverige finns potential att ha lika arealeffektiva system som brasiliansk sockerrörsetanol och då i form av biogas från sockerbetor (inklusive blast). Idag är dock biodrivmedel från sockerbetor inte kostnadseffektiva och mer teknikutveckling krävs. Dessutom kräver dagens sockerbetor bra jordar och bra klimat vilket begränsar en potentiell ökad odlingsareal. Om dagens sockerbetsodling i södra Sverige skulle användas för biodrivmedels-produktion skulle teoretiskt cirka 1,5 TWh etanol eller drygt 2 TWh biogas kunna produceras, d v s motsvarande 3-5% av dagens bensinförbrukning<sup>22</sup>. Förädling av så kallade energibetor pågår vilka förväntas ge betydligt högre avkastning än dagens sockerbetor och dessa kan också komma att användas globalt i regioner med begränsad vattentillgång som alternativ till sockerrör. Behovet av vatten är betydligt lägre för energibetor än för sockerrör vilket begränsar sockerrörsodlingars utbredning utanför tropiska områden.

<sup>22</sup> SOU 2007

Om både etanol och biogas produceras från vete kan ett hektar spannmål förse ungefär 2 bilar med drivmedel, d v s en ökning med ungefär 40 % jämfört med när enbart etanol framställs. När etanol produceras från energiskog (Salix) kan cirka 1,5 bil förse och om energiskogen förgasas till metanol kan cirka 2,5 bilar förse med drivmedel. Metanol från energiskog kräver således cirka 35-40 % mindre areal åkermark än etanol från vete eller energiskog för att uppnå motsvarande transporttjänst (DME ger en ännu något längre körsträcka genom dieselmotorns högre effektivitet). En viktig aspekt i detta sammanhang är dock att det finns en förädlingspotential för att bättre anpassa dagens ettåriga livsmedelsgrödor som energiråvaror till biodrivmedelsproduktion, t ex genom högre avkastning och förändrad sammansättning på kärna och frö (t ex ökad stärkelse- och oljehalt). Areaeffektiviteten för dagens 1:a generations biodrivmedel kan således också fortsätta att öka i framtiden (se t ex Börjesson)<sup>23</sup>. Ett annat sätt att öka areaeffektiviteten är att utnyttja bränslesnålare fordon. Om t ex biodrivmedel används i elhybridfordon ökar den potentiella körsträckan med mellan 70-100 %, d v s åkermarksbehovet kan upp till halveras men ändå leverera motsvarande transporttjänst (se avsnitt 3.3).

Idag finns också biologiska restprodukter som inte utnyttjas för energiändamål och som kan användas som råvara för t ex biogasproduktion som sedan kan utnyttjas som fordonsbränsle. Exempel på restprodukter är gödsel, organiskt avfall från hushåll och livsmedelsindustri, växtrester vid odling osv. Att utnyttja restprodukter är oftast mer energieffektivt än att utnyttja odlade grödor och leder inte till ökad konkurrens om odlingsmark<sup>24</sup>. Tvärtom, ju mer livsmedel som produceras, desto mer restprodukter finns tillgängligt för biogasproduktion. Inom skogsproduktion fås också olika slags restprodukter, t ex grenar och toppar vid avverkning, klen stamved vid röjningar osv., vilka kan användas för drivmedelsproduktion via t ex förgasning. För dessa drivmedelssystem baserat på restprodukter är arealeffektivitet således inte ett relevant hållbarhetsmått.

Det kan också finnas andra situationer där area-effektivitet har begränsad relevans. Exempel är energiodling på lågproduktiv marginalmark där endast speciellt tåliga grödor kan odlas och där livsmedelsproduktion inte är ett alternativ. Exempel i Sverige är gammal nedlagd jordbruksmark som inte heller utnyttjas för skogsproduktion idag och där det finns en potential att odla t ex snabbväxande lövträd som poppel och hybridasp för energiändamål<sup>25</sup>. Ett annat exempel är jatropha som är en torktålig buskväxt som producerar oljerika frön som kan användas för biodieselproduktion och som kan odlas i semi-arida (halvtorra) områden i t ex Indien och Afrika där

---

<sup>23</sup> Börjesson (2007).

<sup>24</sup> se t ex Berglund och Börjesson, 2006

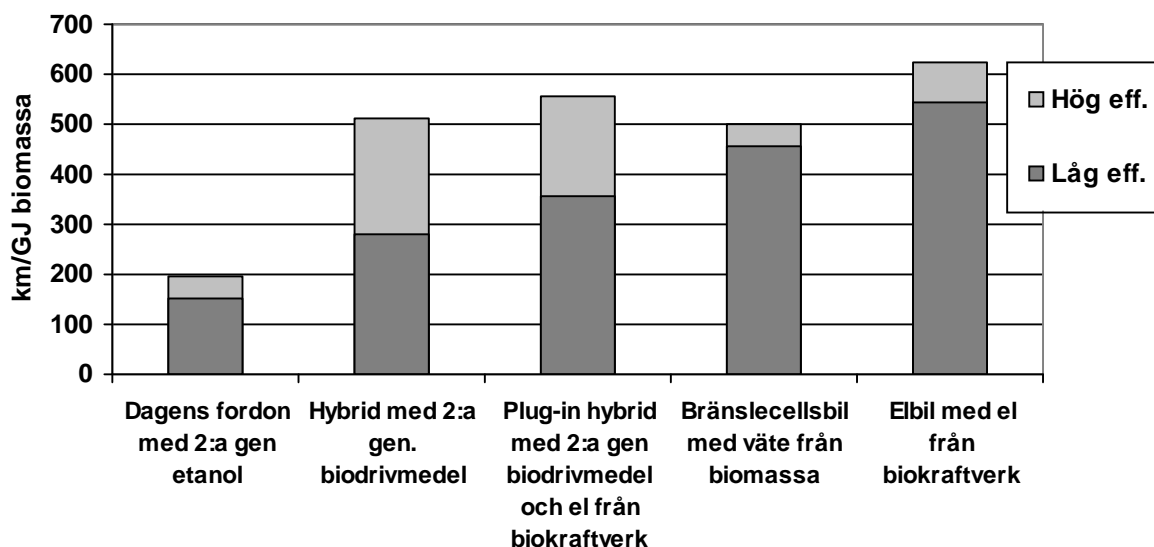
<sup>25</sup> se t ex Oljekommissionen, 2006

möjligheterna att odla andra grödor är begränsade. I västra USA och norra Kina provodlas torktåligt så kallat switchgrass för energiändamål.

### *3.3 Effektivisering via elbilar*

Med dagens snabba fordonsutveckling är det troligt att vi på den svenska marknaden kommer att se plug-in hybrider och små elbilar introduceras inom 5 till 10 år. En bra plug-in hybrid med en räckvidd i eldrift på 5 mil kan typiskt ersätta 40 till 60 % av en personbils användning av flytande bränsle. Plug-in hybrider kan även på sikt förväntas ta en del av den lätta lastbilsflottans elanvändning t ex vid stadskörning.

Ett viktigt argument för plug-in hybrider och elbilar är den höga energieffektiviteten i elmotorer. Detta är korrekt men för att göra en rättvis bedömning bör man räkna från samma primärenergikälla (t ex kol eller biomassa). I Figur 3.3 nedan utgår vi ifrån biomassa (salix) och jämför potentiell effektivitet för framtida utvecklade elbilar, plug-in hybrider, utvecklade hybrider och dagens konventionella fordon. Osäkerheterna i diagrammet beror framförallt på antaganden om framtida effektivitet i drivmedelsproduktionen (inkl. elproduktion).



**Figur 3.3.** Körda km per GJ biomassa med dagens fordon och 2:a generationens biodrivmedel samt ett antal framtida tänkta fordon och bränslen. Bearbetat och uppdaterat från Åhman 2001.<sup>26</sup>

I Figur 3.3 ser man framförallt effektiviseringens betydelse för bioenergi inom transportsektorn generellt. Med effektivare fordon och en ökad effektivitet i drivmedelsproduktionen så behövs potentiellt bara en tredjedel så mycket biomassa för en given sträcka i framtiden<sup>27</sup>. Jämför man de framtida alternativen i Figur 3.3. ser man att skillnaderna i primärenergieffektivitet mellan en utvecklad hybrid och en plug-in hybrid, en bränslecellsbil eller en renodlad elbil inte är särskilt stora givet de stora osäkerheterna. Vill man använda bioenergi inom transportsektorn gör man alltså ingen stor effektivitetsvinst genom att gå via eldrift. Fördelen för el ligger snarare i att den ger lokala nollutsläpp och i den flexibilitet avseende primärenergi som den erbjuder.

<sup>26</sup> Antaget vanlig 4-dörrars mellanklassbil och kompenserat för den extra vikt som kommer p g a. batterier e.t.c (100-300 kgs).

<sup>27</sup> Det mest kostnadseffektiva sättet på kortsikt att sänka bensin/diesel förbrukningen är att reducera vikten, minska luftmotståndet och rullmotståndet. På långsikt kommer dock hybridisering att ge betydande effektivitetsvinster.



## SLUTSATSER

- Energibalansen för biodrivmedel kan beräknas på flera sätt och vilket beräkningssätt som är det mest relevanta bestäms av hur det aktuella systemet är utformat och de lokala förutsättningarna, d v s det finns ingen generell ”rätt” eller ”fel” metod.
- Eftersom det finns en konkurrens om odlingsmark bör energieffektiva biodrivmedelssystem med högt utbyte av drivmedel per hektar prioriteras, t ex drivmedel från förgasning av energiskog, sockerrörsetanol (som inte kräver pumpbevattning) etc.
- Det finns också en potential att öka areaeffektiviteten för dagens 1:a generations drivmedel och vid användning av skogsbaserad råvara, framför allt restprodukter, samt vid odling på oanvänd marginalmark har areaeffektivitet begränsad relevans.
- Produktion av biogas från biologiska restprodukter har bra energieffektivitet och leder inte till ökad konkurrens om odlingsmark. Detta gäller också för utnyttjandet av restprodukter från skogsproduktion för t ex produktion av etanol och drivmedel via förgasning.
- Dagens svenska produktion av etanol från vete och RME från raps har bra energibalans tack vare att deras biprodukter används på ett effektivt sätt som proteinfoder som ersätter importerat sojaproteinfoder från Brasilien, dvs. dessa anläggningar bör ses som drivmedels- och foderkombinat.
- I framtiden kan energieffektiviteten öka för såväl dagens som framtida biodrivmedelssystem tack vare utvecklingen av olika slags energikombinatlösningar.
- Den generella effektiviteten ökar mycket med hybridisering av fordon jämfört med dagens fordon. Att omvandla bioenergi till el för att sedan tanka plug-in hybrider eller rena elbilar ger däremot en mindre effektivitetsvinst om man jämför med en utvecklad hybrid som drivs med biodrivmedel.

## 4. Leder biodrivmedel till klimatvinster?

Debatten kring biodrivmedels klimatnytta har varit livlig den senaste tiden. Flera rapporter har presenterats i media som redovisar en begränsad klimatnytta eller till och med ökade utsläpp av klimatgaser jämfört med dagens fossila drivmedel. Tidigare betecknade man biodrivmedel som i stort sett klimatneutrala. Återigen beror dessa skillnader i resultat på dels hur systemen är utformade, dels på hur man räknar. Det är framför allt fyra faktorer som har stor betydelse för hur klimateffektiva biodrivmedelssystem beräknas bli. Dessa fyra faktorer är 1) effektiviteten vid odling och dess utsläpp av växthusgaser, 2) vilka bränslen som används i drivmedelsanläggningen, 3) hur effektivt biprodukter tas tillvara och deras nytta krediteras och 4) vilken typ av mark som utnyttjas vid odling.

### 4.1 Klimatgaser vid odling

De tre största bidragen av växthusgaser vid odling är koldioxid från diesel i traktorer, koldioxid från naturgas vid konstgödseltillverkning och lustgas från gödsling med kväve. Lustgas är en 300 gånger mer aggressiv växthusgas än koldioxid och kan ofta utgöra halva bidraget av växthusgaser vid odling eller till och med mer<sup>28</sup>. Kunskapen kring lustgasens stora växthusgasbidrag vid odling har funnits sedan länge bland markforskare men varit begränsad för en bredare allmänhet. Detta kan vara en förklaring till varför intresset och fokus på lustgasen ökat kraftigt under senare tid och tas upp som en ”nyhet” i media som en stor nackdel för biodrivmedels klimatnytta.

Lustgas bildas dels vid tillverkning av kvävegödsel, dels i marken från det kväve som finns där (så kallad biogen lustgas), dvs ju mer kväve en gröda kräver ju högre blir utsläppen av lustgas. Ettåriga grödor som raps och vete bidrar till större lustgasutsläpp än fleråriga grödor som energigräs och energiskog eftersom ettåriga grödor kräver mer kvävegödsel. Andra generationens drivmedel baserade på t ex energiskog eller stråbränslen har därför en stor fördel ur växthusgassynpunkt jämfört med första generationens drivmedel baserat på ettåriga livsmedelsgrödor, tack vare lägre utsläpp av lustgas. Skogsråvara genererar i sin tur ännu lägre utsläpp av lustgas än energiskog och stråbränslen.

Gödselmedelsindustrin i framför allt Europa är idag medvetna om problemen med lustgasutsläpp och håller därför på att installera katalytisk lustgasrening i kvävegödsel fabriker. Med denna rening kan deras lustgasutsläpp minska med upp till 80 % vilket leder till en tydlig förbättring av

---

<sup>28</sup> se t ex Börjesson och Tufvesson, 2008

biodrivmedels klimatnytta<sup>29</sup>. Utsläppen av lustgas från marken beräknas ofta vara något större än utsläppen från gödselmedelsfabrikerna (utan rening) men samtidigt kunna variera stort utifrån skiftande lokala förutsättningar. IPCC har utarbetat en beräkningsmodell för hur man kan uppskatta de genomsnittliga lustgasutsläppen från olika typer av odlingar och inom olika regioner. Denna modell uppdateras och utvecklas kontinuerligt när ny kunskap kommer fram och är den mest vedertagna idag och används normalt vid livscykelanalyser av biodrivmedel.

Det finns dock undantag och studier som använder egna beräkningsmetoder. Ett exempel som fick stort genomslag i media var en studie av nobelpristagaren Paul Crutzen m fl (2006) som hävdade att biodiesel från raps och etanol från vete och majs orsakade högre utsläpp av växthusgaser än diesel och bensin på höga lustgasutsläpp vid odling. Denna så kallade ”top-down”-studie blev dock snabbt ifrågasatt av många markforskare som visade att Crutzen m fl använt felaktiga omvandlingstal för hur effektivt grödor tar upp kväve, hur mycket kväve som recirkulerar i marken osv. Dessa felaktiga antaganden berodde sannolikt på missuppfattningar och när dessa rättades till blev Crutzen’s resultat ungefär lika som IPCC’s modell visar, d v s cirka en tredjedel så stora<sup>30</sup>.

En drivkraft för att effektivisera kväveutnyttjandet i marken vid odling, vilket minskar risken för lustgasbildning, är de allt högre priserna på kvävegödselmedel. Utsläpp av koldioxid från traktorer mm vid odling bedöms också kunna minska i framtiden genom bränslesnålare motorer och färre körningar på fälten, t ex plöjningsfria odlingar osv. Dessa åtgärder drivs idag av allt högre priser på diesel. Dessutom kan diesel ersättas med biodrivmedel. Tillverkningen av kvävegödsel bedöms också bli allt energieffektivare och därmed mindre klimatbelastande genom de ökade kostnaderna för naturgas som är den primära energikällan.

Sammanfattningsvis utgör utsläpp av biogen lustgas ett betydande bidrag till framför allt ettåriga energigrödors totala växthusgasutsläpp. Detta får också ett stort genomslag för biodrivmedels totala klimatprestanda. Samtidigt är osäkerheten mycket stor när det gäller nivån för lustgasutsläpp vilken bedöms kunna variera stort mellan olika odlingssystem, geografiska platser och över tiden. Hur lustgasutsläpp inkluderas och dess osäkerhet hanteras i t ex kommande certifieringssystem där krav på en viss växthusgasreduktion fastställs kan få stor betydelse för hur olika biodrivmedel bedöms uppfylla dessa krav. Mer kunskap krävs således kring denna aspekt.

---

<sup>29</sup> se t ex Börjesson och Tufvesson, 2008

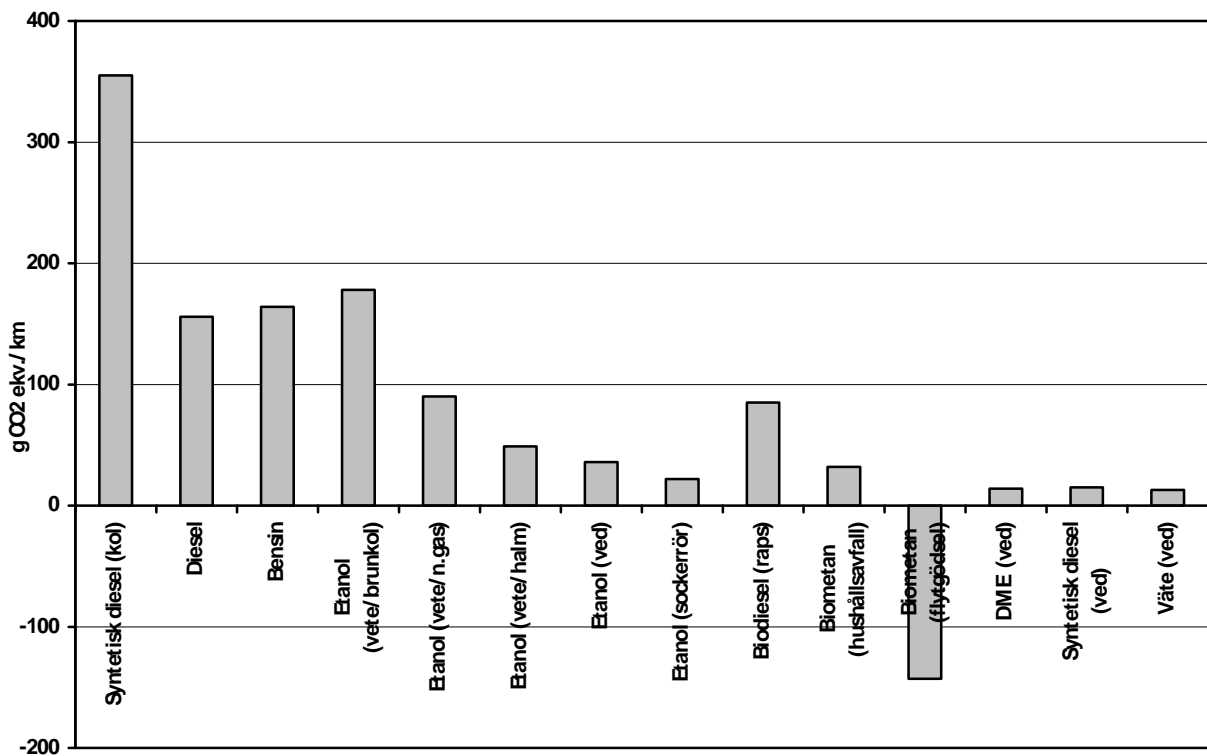
<sup>30</sup> se t ex Rauh, 2007; Ammann m fl, 2007. Bland annat räknar Crutzen m fl med ett mycket lågt effektivitetstal för kväveupptag som baseras på markens totala kvävepool, och inte på tillgängligt mineralkväve som är det rätta i detta fallet.

## ***4.2 Utsläpp från drivmedelsanläggningar och användning av restprodukter***

Beroende på vilken energikälla som används i drivmedelsanläggningar fås stora variationer i biodrivmedels klimatnytta. Detta åskådliggörs bl a i den europeiska well-to-wheel-studien som omnämns i kapitel 3, vars resultat redovisas i Figur 4.1. I denna studie anges växthusgasutsläppen för ett stort antal biodrivmedelssystem, bl a etanol när etanolanläggningen använder biobränsle, naturgas eller kol för produktion av den värme och ånga som behövs. I resultaten ingår också utsläpp av växthusgaser vid odling samt eventuella klimatvinster när biprodukter ersätter alternativa produkter (se systemutvidgning i kapitel 3). När biobränsle används vid etanolproduktion från spannmål är klimatnyttan cirka 70 % jämfört med bensen, när naturgas används är den knappt 50 % och om brunkol (lignit) används fås ingen klimatnytta utan utsläppen av växthusgaser kan till och med öka med cirka 10 % (se Fig. 4.1). Brasiliansk sockerrörsetanol har ännu bättre klimatnytta, cirka 85- 90 % jämfört med bensen, tack vare höga skördenivåer, relativt låga energiinsatser vid odling och att etanolanläggningarna drivs av restprodukten bagasse<sup>31</sup>.

---

<sup>31</sup> Se t ex Concawe et al 2007



**Figur 4.1.** Livscykelutsläpp av växthusgaser för olika biodrivmedelssystem. Källa: Concawe m fl (2007). Avser 2010 års teknisk nivå på konventionella fordon och bränsletillverkning.

I media anges ofta majsetanol från USA som ”ful-etanol” p g a sin begränsade klimatnytta jämfört svensk och brasiliansk ”fin-etanol” som ger stor klimatnytta<sup>32</sup>. Anledningen till att amerikansk majsetanol betraktas som ”ful-etanol” är att många etanolanläggningar använder fossila bränslen som kol och naturgas. Dessutom är majsodling relativt energikrävande och kräver ganska mycket kvävegödsel vilket ger höga lustgasutsläpp. En bedömning är att den genomsnittliga klimatnyttan med amerikansk majsetanol ligger kring 20 % idag<sup>33</sup>. Det finns dock en väldigt stor spännvidd mellan de olika etanolanläggningar som finns i USA idag, alltifrån gamla dåliga anläggningar baserade på kol som ger något ökade nettobidrag av växthusgaser till nya effektiva anläggningar som använder biobränslen (t ex trädflys) som ger minst en 50 %-ig klimatnytta. Det finns också skillnader i hur effektivt biprodukterna utnyttjas, t ex som djurfoder, vilket påverkar livscykelutsläppen av växthusgaser. Detta gäller också europeisk etanol baserat på spannmål. När drank ersätter importerat sojamjöl som proteinfoder, vilket är aktuellt för etanolanläggningen i Norrköping, fås en tydlig extra klimatnytta med spannmålsetanol vilket innebär att den totala

<sup>32</sup> se också Börjesson, 2008

<sup>33</sup> Wang m fl, 2007

växthusgasreduktionen närmar sig 80 %<sup>34</sup>. Detta beror på att utsläppen av växthusgaser beräknas vara ungefär dubbelt så höga för importerat sojamjöl som för motsvarande proteinfoder i form av torkad drank vid produktion av spannmålsetanol<sup>35</sup>. Att svensk spannmålsetanol har bra klimatprestanda beror också på att etanolanläggningen i Norrköping utnyttjar skogsflis som bränsle.

Klimatnyttan med RME bedöms ofta ligga kring 50 %, d v s något lägre än för spannmålsetanol, se Figur 4.1. En orsak till detta är att raps kräver mer kvävegödsel och ger därmed högre lustgasutsläpp vid odling. Däremot är biprodukten rapsmjöl ett mer högkvalitativt proteinfoder än drank från spannmålsetanol vilket innebär att den indirekta klimatnyttan med att utnyttja rapsmjöl som foder blir något större än när drank utnyttjas.

För biogassystem baserade på energigrödor som t ex majs och vallgräs ligger klimatnyttan oftast kring 80 %. Här fås också en indirekt klimatnytta genom att den rötrest som bildas vid biogasproduktion kan användas som gödsel och därmed ersätta större delen av den mängd konstgödsel som annars skulle behövas<sup>36</sup>. Etanol från energiskog beräknas ge en ungefär lika stor växthusgasreduktion som biogas från energigrödor men här spelar utnyttjandet av den ligninrest som fås som biprodukt en stor roll för hur stor klimatnyttan blir. Ur energisynpunkt produceras ungefär lika mycket ligninrest som etanol när vedråvara används (se Figur 3.1). Lignin kan t ex användas för produktion av kraftvärme eller pellets som kan ersätta fossila bränslen. Störst klimatnytta, cirka 90 %, har andra generationens drivmedel baserat på termisk förgasning av energiskog, t ex metanol, DME och metan. Anledningarna till detta är dels låga växthusgasutsläpp vid odling av energiskog, dels en energieffektiv omvandlingsprocess där energitillförseln till största delen fås ”internt” från den tillförda biomassan. När skogsråvara används för produktion av etanol, metanol, DME, metan osv blir klimatnyttan ofta något större än när energiskog som Salix används. Anledningen är att produktionen av skogsråvara är minst lika energieffektiv som produktionen av Salix samtidigt som kvävegödsel normalt inte används vid skogsproduktion vilket innebär lägre lustgasutsläpp än vid Salixodling.

Om fossilt kol används som råvara vid förgasning i stället för biomassa, så kallad coal-to-liquid (CTL), ökar utsläppen av växthusgaser dramatiskt. Som framgår av Figur 4.1 beräknas utsläppen av växthusgaser då kunna bli drygt dubbelt så stora som för bensin och diesel. Ur klimatsynpunkt är således dessa system mycket dåliga. Samma sak gäller fossila drivmedel baserade på tjärsand och

---

<sup>34</sup> Börjesson 2008

<sup>35</sup> Flysjö m.fl. 2008

<sup>36</sup> Se t ex Börjesson och Tuvevsson 200

oljeskiffer som kan ge ännu högre växthusgasutsläpp än CTL<sup>37</sup>. En möjlig metod att i framtiden förbättra klimatprestanda för drivmedel från kol, tjärsand och oljeskiffer är genom att avskilja koldioxiden vid tillverkning och därefter deponera denna i uttömnda olje- och naturgasfyndigheter. Denna teknik är dock inte kommersiell idag utan behöver fortsatta satsningar på utveckling och demonstration. En bedömning av IPCC är att koldioxidavskiljning kan svara för som mest 20-40% av den totala reduktionen av växthusgaser i framtiden och vara fullt utvecklad först kring 2050. Även vid produktion av biodrivmedel är det möjligt att skilja av koldioxid för lagring.

Det finns också drivmedelssystem som leder till en ”dubbel” klimatnytta, istället för en ”dubbel” klimatbelastning som CTL. När t ex flytgödsel utnyttjas för biogasproduktion kan de spontana utsläppen av metan som sker vid traditionell gödsellagring kraftigt minska. Eftersom metan är en cirka 20 gånger mer aggressiv växthusgas än koldioxid får denna indirekta klimatnytta stort genomslag<sup>38</sup>. Även när andra restprodukter utnyttjas för biogasproduktion kan liknande indirekta vinster fås genom minskat metanläckage men dessa är oftast inte lika stora som vid rötning av flytgödsel. Ur klimatsynpunkt är därför biogas från organiska restprodukter, och framför allt flytgödsel, de effektivaste biodrivmedelssystemen.

### **4.3 Utsläpp via förändrad markanvändning**

Det finns väldigt stora mängder koldioxid bundet i marken som markkol och i växtbiomassa som t ex skog. Om dessa så kallade ”kol-lager” förändras i samband med produktion av råvara till biodrivmedel kan klimatnyttan med biodrivmedel kraftigt förändras. I den ovan citerade Concawe-studien i Figur 4.1 tas markkol med men odling av råvara för biodrivmedel antas använda trädesmark varpå skillnaderna är små. Förutom att odling av energigrödor för biodrivmedel kan ge direkta effekter på markanvändningen, t ex genom att olika odlingssystem ersätter varandra, diskuteras också långsiktiga indirekta effekter på markanvändning p g a ökad biodrivmedelsproduktion. En långsiktig indirekt effekt kan fås genom så kallade undanträngningseffekter då en ökad produktion kan leda till nyodling av åkermark i ett efterföljande led. Sådana indirekta effekter på markanvändning tas inte med i Concawe-studien i figuren ovan.

Under våren 2008 publicerades två amerikanska studier i den vetenskapliga tidsskriften Science som fick stort genomslag i media<sup>39</sup>. Deras resultat visade att det skulle ta mellan 20 till 400 år för biodrivmedel att bli klimatneutrala pga. väldigt stora utsläpp av koldioxid från mark och naturskog i

---

<sup>37</sup> WWF 2008

<sup>38</sup> se t ex Börjesson och Berglund, 2007; Concawe m fl, 2007

samband med ökad odling av energigrödor. Dessa studier antog således att all produktion av biodrivmedel kräver nyodling av jordbruksmark då all befintlig jordbruksmark behövs för livsmedelsproduktion. Den längsta ”återbetalningstiden” gällde biodiesel från palmolja på tidigare regnskogsbevuxen torvmark i Indonesien och Malaysia och den kortaste etanol från sockerrör på tidigare trädbevuxen Cerrado i Brasilien<sup>40</sup>. En ökad användning av majsetanol i USA beräknades ge en ”återbetalningstid” på 167 år innan de ökade utsläppen av koldioxid från mark och naturlig växtlighet komprimerades av reduktionen när etanol ersatte bensin. Dessa beräkningar av Searchinger m fl baseras på en global ekonomisk modell över hur ökad produktion av majsetanol i USA påverkar behovet av nyodling både i USA och i andra delar av världen.

Slutsatserna som dras i dessa två artiklar är att satsningar på biodrivmedel från livsmedelsgrödor som palmolja, sojabönor, majs och sockerrör är kontraproduktivt ur växthusgassynpunkt. Däremot är produktion av biodrivmedel från outnyttjad avfallsbiomassa samt fleråriga grödor som energigräs och energiskog som odlas på marginalmark där livsmedelsgrödor inte kan odlas fördelaktigt ur växthusgassynpunkt.

Det har dock framförts olika invändningar mot Fargiones och Searchingers slutsatser. För det första är de fall som beskrivs i artiklarna till största delen hypotetiska och inte reella idag, d v s dessa speglar inte dagens produktion av biodrivmedel. Däremot skulle vissa av de beskrivna fallen kunna bli verklighet vid en kraftigt ökad produktion av jordbruksgrödor för såväl livsmedelsproduktion som biodrivmedelsproduktion. Idag finns fortfarande jordbruksmark som inte utnyttjas fullt ut utan exempelvis ligger i träda p g a det spannmålsöverskott vi haft under ett par decenniers tid. Den globala veteodlingsarealen har t ex minskat med cirka 10 % under denna tidsperiod. Dessutom har intensiteten i odling generellt minskat eftersom lönsamheten har varit låg. Det finns med andra ord en potential att öka produktionen på befintlig jordbruksmark innan uppodling av ny mark behöver bli aktuellt (se Kap. 9). Det finns också undersökningar som visar att ”uppodling” av mark, t ex genom avskogning i tropiska områden, beror av en mängd olika faktorer av mer lokal karaktär och endast i mindre utsträckning av direkta priser på varor och produkter.

En annan invändning är antagandet i studierna att ”all” eventuell nyodling av jordbruksmark belastar produktionen av biodrivmedel. Idag används cirka 1,5 % av den globala jordbruksarealen för biodrivmedelsproduktion och drygt 4 % av den totala spannmålsskörden<sup>41</sup>. Ökningstakten för spannmål bedöms av OECD/FAO bli större till mat och foder än till biodrivmedel de närmaste tio

---

<sup>39</sup> Searchinger m fl, 2008; Fargione m fl, 2008

<sup>40</sup> Fargione m fl, 2008

<sup>41</sup> OECD/FAO 2008



åren. En eventuell nyodling av jordbruksmark bör därför också belasta en ökad produktion av matspannmål och framför allt foderspannmål som bedöms öka betydligt mer än matspannmål och som drivs av en ökad global köttkonsumtion (se vidare Kap. 9).

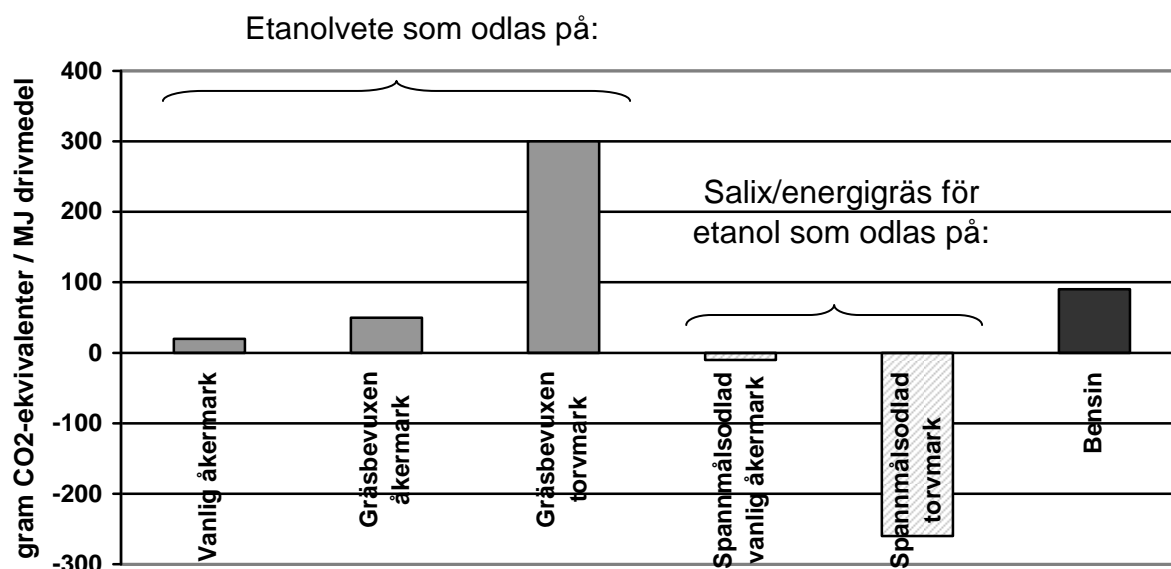
En ytterligare invändning mot Fargiones och Searchinges studier är att de antar en mycket blygsam klimatvinst när enbart framställningen av biodrivmedel beaktas. Deras antaganden bygger på dagens genomsnittliga etanolproduktion i USA som bedöms medföra endast en 15-20%-ig klimatnytta pga. att fossila bränslen används i produktionsanläggningarna och biprodukterna ofta utnyttjas dåligt (se avsnitt 4.2). Dessa ineffektiva system antas gälla även i framtiden vilket kan ifrågasättas då ökad kunskap om biodrivmedels klimatnytta, ökade kostnader för koldioxidutsläpp, införandet av certifieringssystem mm sannolikt driver utvecklingen framåt mot mer klimateffektiva system, även i USA. Om t ex dagens svenska etanolproduktionssystem hade valts som referenssystem skulle "återbetalningstiderna" kortats med 3-4 gånger.

Fargiones och Searchinges andra slutsats att det finns system som också kan leda till ökad kolinbindning, t ex odling av fleråriga grödor som energigräs och energiskog på marginalmark där livsmedelsgrödor inte kan odlas, är okontroversiell och överstämmer väl med andra hållbarhetskriterier (lönsamheten i dessa odlingar är dock oftast dålig varför riktade stöd kan komma att krävas). Detta är således en direkt effekt på markanvändningen, till skillnad mot de långsiktiga indirekta undanträngningseffekterna som deras första slutsats baseras på. För svenska förhållanden kan dessa direkta effekter leda till att reduktionen av växthusgaser blir mer än 100 % för biogas från vallgräs och 2:a generationens drivmedel från energiskog när dessa grödor antas ersätta ettåriga spannmålsgrödor vars odling medfört successivt minskade halter av markkol<sup>42</sup>. I Figur 4.2 illustreras betydelsen av antaganden om vilken mark som utnyttjas för biodrivmedels klimatpåverkan, i detta fall bioetanol, baserat på svenska förhållanden<sup>43</sup>. Idag utgör torvjordar cirka 7-9% av dagens åkermarksareal i Sverige och hur dessa odlas får stora konsekvenser för växthusgasbalansen. Odling av ettåriga energigrödor på torvmark leder till stora utsläpp p g a att marken bearbetas intensivt årligen medan odling av fleråriga grödor leder till låga utsläpp.

---

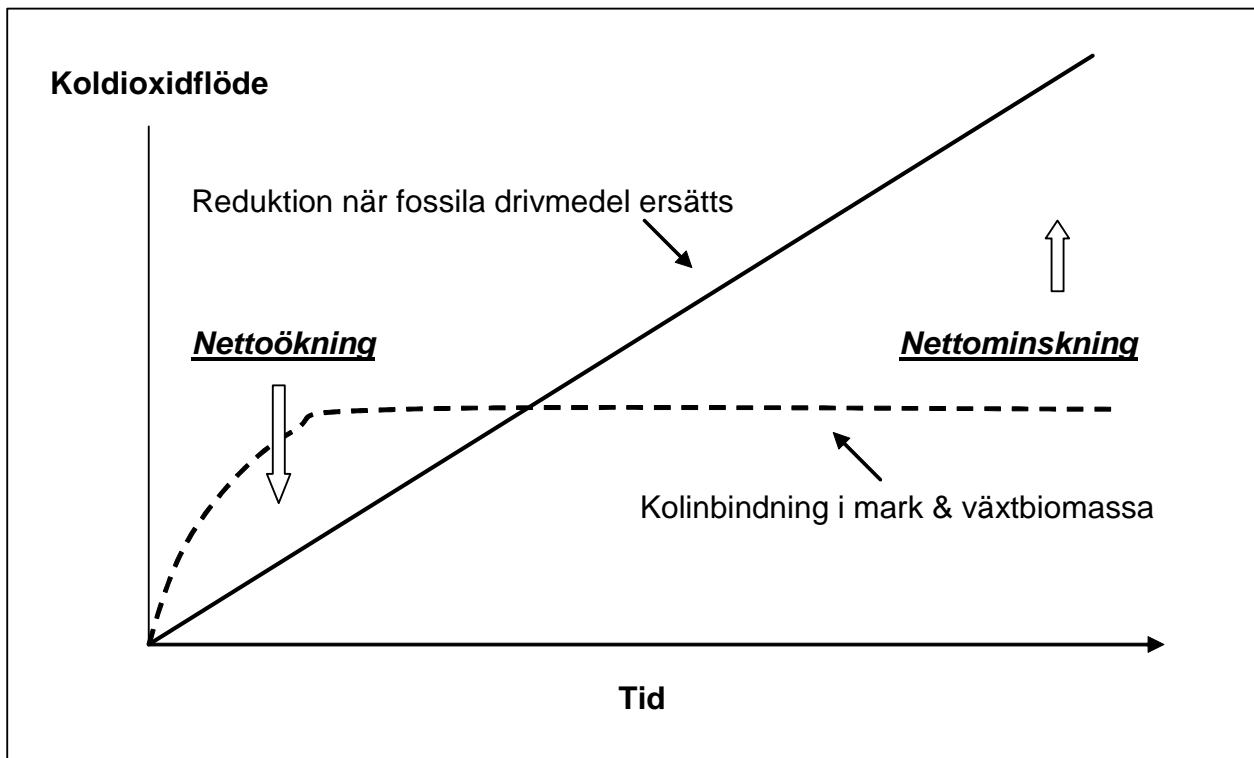
<sup>42</sup> Börjesson och Tuveesson 2008 (förändrade halter av markkol har historiskt också berott på förändrade plöjningsdjup)

<sup>43</sup> Börjesson 2008



**Figur 4.2.** Livscykelutsläpp av växthusgaser för olika etanolssystem utifrån vilka grödor som odlas och vilken åkermark som utnyttjas (avser ekonomisk allokering). Bearbetad data från Börjesson, 2008 och Börjesson och Tufvesson, 2008.

Ett generellt problem med att inkludera förändringar i lagrat kol i odlingsmark och växtlighet vid beräkningar av biodrivmedels växthusgasbalans är att val av tidsperspektiv blir väldigt avgörande för resultatet. Förändringar i markens och växtlighetens kolinnehåll avtar med tiden för att så småningom nå ett nytt jämviktsläge. I en mogen skog är det balans mellan upptag och utsläpp av koldioxid och när markanvändningen förändras pågår förlusterna eller inbindningen av koldioxid i marken under en viss begränsad tid (kanske upp till 30-50 år). Reduktionen av växthusgaser pågår dock kontinuerligt när biodrivmedel ersätter fossila drivmedel, d v s här finns inga tidsbegränsningar. I Figur 4.3 illustreras detta schematiskt där förändringar i markens och befintlig växtlighets kolinnehåll i vissa situationer kan leda till initialt ökade växthusgasutsläpp medan klimatnyttan med biodrivmedel ökar ju längre tiden går. Med andra ord, i ett kort perspektiv (några år upp till några decennier beroende av ekosystem) kan det vara mer klimateffektivt att lagra kol i mark och växtlighet, men i ett längre perspektiv är det alltid effektivare att kontinuerligt skörda biomassan och ersätta fossila bränslen.



**Figur 4.3.** Schematisk skiss över hur nettoflödena av koldioxid förändras över tiden när biomassa utnyttjas för att ersätta fossila bränslen jämfört med när mark och växtlighet enbart används som en kolsänka.

Sammanfattningsvis kan effekter av förändrad markanvändning, direkt eller indirekt genom undanträngning av matproduktion till nyodlad mark, få mycket stor påverkan på biodrivmedels klimatprestanda. Samtidigt är det i princip omöjligt att härleda en indirekt förändrad markanvändning till ett specifikt produktionssystem för ett enskilt biodrivmedel. En indirekt förändrad markanvändning i form av nyodling av åkermark p g a undanträngningseffekter beror på all typ av produktion, d v s även livsmedels- och foderproduktion, vilket innebär att eventuella konsekvenser bör belasta all produktion och inte bara biodrivmedel. Om bara biodrivmedel belastas tillämpas ett marginaltänkande där biodrivmedelsproduktion alltid antas alltid leda till indirekta markförändringar i form av nyodling av åkermark (en parallell kan i detta fall göras med följande avsnitt där marginalet respektive medelet diskuteras). Det är dessutom mycket svårt att i certifieringssystem inkludera indirekta effekter på markanvändning p g a undanträngningseffekter,, vilket diskuteras i Kap. 12. Dessa aspekter måste hanteras med betydligt mer generella styrmedel.

#### 4.4 Tanka bilen från elnätet

Som tidigare diskuteras är det troligt att vi i framtiden kommer kunna tanka en del av våra bilar från elnätet. El produceras av ett stort antal olika källor och distribueras till kunderna via ett gemensamt nät. Hur man allokerar olika typer av elproduktion till olika användare har stor betydelse för vilka

effekter en ökad elanvändning inom transportsektorn kan beräknas få. Elproduktionen kan allokeras till användare som (i) *marginalproduktion*, (ii) *dynamisk marginalproduktion* eller som (iii) *elmix*.

Marginalproduktionen är den el som produceras på kort sikt för att täcka en övergående ökning av elanvändningen och består av el från anläggningar med den högsta rörliga kostnaden. Ökar elanvändningen permanent leder detta dock till att elsystemet byggs ut. Den långsiktiga effekten av denna ökning blir då den dynamiska marginalen, d.v.s. skillnaden mellan det ”gamla” elsystemet och det nya utbyggda elsystemet<sup>44</sup>. Man kan även fördela hela elproduktionen på samtliga användare proportionerligt, d v s utifrån den existerande eller en framtida tänkt elmix. Val av allokeringsmetod beror på vilket tidsperspektiv man har och syftet med beräkningarna.

Vill man studera effekten av en liten förändring under övergående tid så bör man räkna på den kortsiktiga marginalproduktionen av el. I Sverige och inom EU utgörs ofta den kortsiktiga marginalproduktionen av kolkondens med höga CO<sub>2</sub>-utsläpp.

Detta räknesätt är dock inte relevant om syftet är att studera effekterna av en permanent ökad elanvändning inom transportsektorn på längre sikt. Här bör man istället räkna på vilka långsiktiga dynamiska effekter en ökad elanvändning får på hela elsystemet. Här måste man även ta hänsyn till om ökningen av el inom transportsektorn är en del i en i klimat- och energipolitik i samhället i övrigt. Ökar vi elkonsumenterna ytterligare med 2-4 TWh kommer denna konsumtionsökning inte täckas av marginalet (kol) utan av de kraftslag som växer idag, d.v.s. vindkraft och bioeldad kraftvärme eller av energieffektiviseringar om elpriset stiger. Skälet till att just dessa kraftslag växer är att de ingår i en sammanhållen svensk energi- och klimatpolitik där elproduktionens utsläpp av CO<sub>2</sub> skall minska med hjälp av bl a elcertifikat, riktade subventioner som gynnar förnybara energikällor och program för eleffektivisering. Ser man satsningen på elanvändning inom transportsektorn som någonting utanför den svenska klimatpolitiken så kan man konstatera att ökningen av förnybar el kommer dock, med dagens svenska stödsystem, att växa ändå. Utan miljöpolitiska restriktioner hade troligtvis den dynamiska marginalen varit naturgasbaserad el eller förlängd användning av kolkraft.

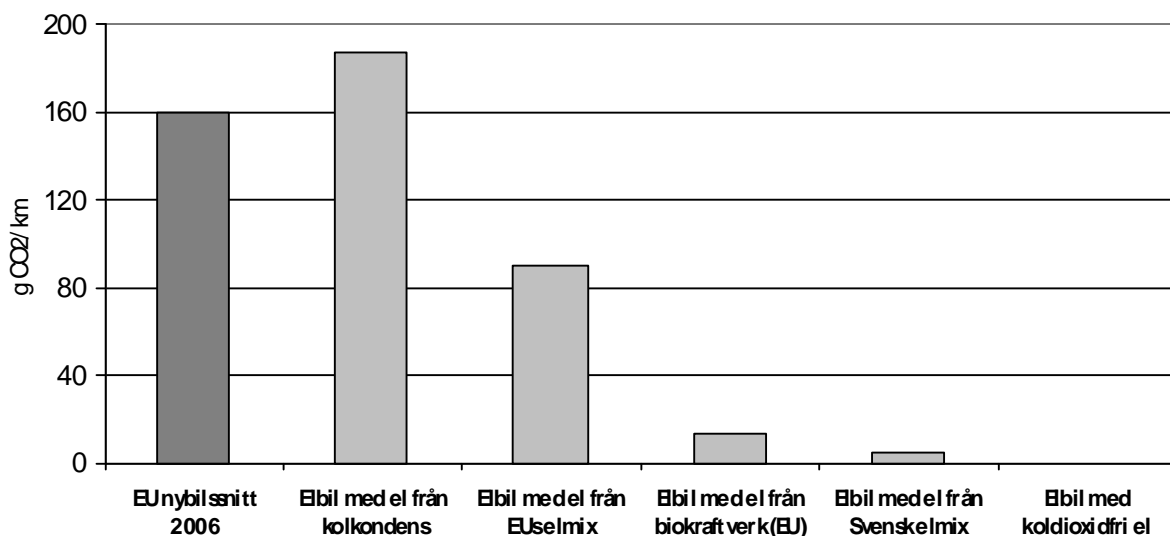
Med ett tak på CO<sub>2</sub>-utsläpp från elsektorn samtidigt som man medvetet ökar elanvändning inom transportsektorn sätts större press på övriga aktörer inom elsektorn för att klara CO<sub>2</sub>-taket. Det är därför inte självklart att räkna med ett marginalperspektiv överhuvudtaget, varken långsiktigt eller kortsiktigt. EU-kommissionen använder allt som oftast elmixen som grund för miljöbedömningar.

---

<sup>44</sup> Notera här att ökningen av elanvändning inom en sektor kan öka priset och göra effektiviseringar m.m lönsamma i andra sektor varav mindre ny elgenereringskapacitet behövs

Detta kan motiveras med att alla användare har samma ”rätt” att tillgodo räkna sig den förnybara elen som produceras och samma ansvar för kolkondensen som används på marginal för att täcka större fluktuationer i konsumtionen. Elmixen ser väldigt olika ut om man räknar inom Sverige, Norden eller EU. I Sverige och Norden är den till största delen baserad på vatten och kärnkraft medan EU:s elmix består till nästan hälften av fossila bränslen.

I Figur 4.4 nedan visas effekterna av olika sätt att räkna på hur el produceras för en antagen framtida elbil. Det är svårt att jämföra elbilar med vanliga bilar då tekniken fortfarande kräver en hel del utveckling innan den kan erbjuda samma komfort och prestanda. Det kan dock noteras att även om en elbil är betydligt mer energieffektiv än motsvarande konventionella bil så blir CO<sub>2</sub>-utsläppen högre ifall man räknar med el ifrån dagens kolkondenskraftverk (t ex vid elproduktion på marginalen). Räknar man istället med något som kan liknas vid den dynamiska marginalen (biokraftverk och koldioxidfri el) så blir CO<sub>2</sub>-utsläppen betydligt lägre och likaledes när man räknar med den svenska elmixen. Det är dock en stor skillnad på EU:s elmix och på den svenska elmixen.



**Figur 4.4.** Effekten på CO<sub>2</sub>-utsläpp av framtida eldrift med olika antaganden om elproduktion.<sup>45</sup>

Slutsatsen är att el kan räknas på många olika sätt beroende på vad man vill ha svar på. Det viktiga är att ”rätt” metod väljs utifrån den frågan som ställs. Man kan också med fördel använda flera metoder som illustrerar klimatnyttan på både kort och på lång sikt och även med antaganden om en

viss utveckling av elsektorn. Det viktiga är att vara transparent i redovisningen av beräkningsmetoder och resultat.

Från ett långsiktigt strategiskt synsätt finns det dock flera aspekter som talar för att el är en mycket bra energibärare för transportsektorn. En stor fördel med att använda el i transportsektorn ligger framförallt i det att el som energibärare ger lokala nollutsläpp av hälsofarliga avgaser. En annan viktig aspekt är flexibiliteten som el ger att använda många olika primärenergikällor och från ett klimatperspektiv är det viktigt att energibäraren i sig är koldioxidfri. Eldrift är dessutom det enda sättet tillsammans med väte med vilket transportsektorn i framtiden kan använda stora mängder sol, vatten eller vindenergi. El har på så vis många fördelar gemensamt med väte som energibärare. Dyra batterier med för låg energitäthet är fortfarande det största hindret för en introduktion av eldrift. Dock anses elbilar ligga betydligt närmare en marknadsintroduktion idag än bränslecellsfordon som utnyttjar vätgas. För bränslecellsfordon är det framförallt de höga kostnaderna för att tillverka bränsleceller av tillräcklig kvalitet som är ett hinder idag.

#### ***4.5 El och värme i stället för drivmedel***

Ett argument som ofta hörs mot biodrivmedel är att biomassa används effektivare för att ersätta kol och olja för uppvärmning eller elproduktion än för att ersätta bensen/diesel i transportsektorn. När fasta biobränslen som t ex flis från skogsråvara eller energiskog utnyttjas för el- och värmeproduktion och ersätter kol, olja eller naturgas får man en större klimatnytta än om biomassan omvandlas till ett flytande biodrivmedel och ersätter bensen och diesel <sup>46</sup>(se Figur 4.5). Anledningen till detta är huvudsakligen de omvandlingsförluster som fås när biomassa konverteras till flytande och gasformiga bränslen.

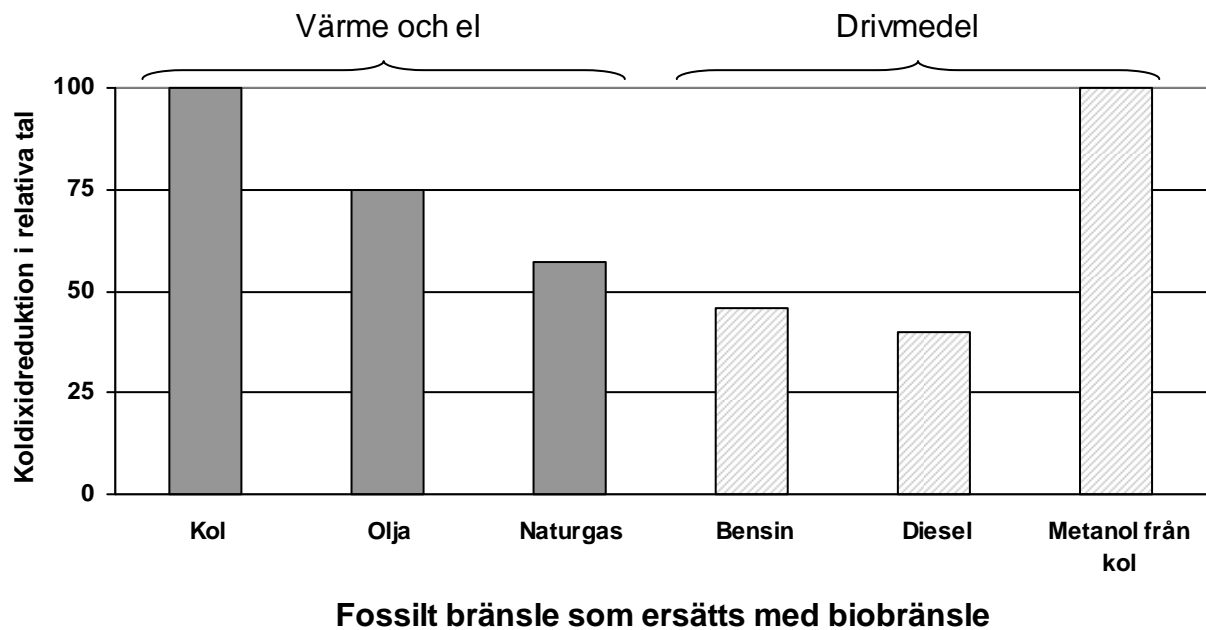
I ett kortsiktigt perspektiv har det varit mer klimat- och kostnadseffektivt att använda fasta biobränslen för ersättning av kol, olja och naturgas i el- och värmesektorn än för ersättning av fossila drivmedel. Detta avspeglas tydligt också i den svenska användningen av biomassa för energi vilken till 85% går till processvärme inom industrin och fjärrvärme, 10% går till kraftproduktion och resten, cirka 5%, går till fordonssektorn. På längre sikt finns det dock flera argument som motiverar att bioenergi även utvecklas för att kunna användas i transportsektorn.

---

<sup>45</sup> Antaganden om fordon: Normalstor 4-a dörrars sedan. Eldrift anger en antagen framtida el-förbrukning för samma storlek av fordon. Detta kräver en hel del teknikutveckling av batterier, elmotorer och kraftelektronik. Svensk elmix enligt Uppenberg et al 2001 och övriga siffror enligt CONCAWE et al 2007. El.förbrukning för framtida elbilar antaget enligt Åhman 2001

<sup>46</sup> Detta slår även igenom ekonomiskt där kostnaden att minska CO<sub>2</sub>-utsläpp blir lägre

De senaste åren har det dock blivit uppenbart att råoljebaserade drivmedel är begränsade jämfört med efterfrågan (liksom råolja för andra ändamål) och att bensin/diesel börjar framställas på marginalen från ”icke-konventionella” fossiler som t ex tjärsand eller t o m från kol via förgasning med ungefär samma omvandlingsförluster som vid förgasning av biomassa. Antar man istället att biodrivmedel ersätter ett kolbaserat drivmedel på marginalen så utjämnas skillnaderna mellan att ersätta drivmedel eller fossilbaserad värme och elektricitet, se Figur 4.5.



**Figur 4.5.** Den relativa reduktionen av koldioxid när biobränsle ersätter fossila bränslen för el- och värmeproduktion respektive drivmedel. Biobränslen utgörs av träbränsle som antingen förädlas till flis för el- och värmeproduktion eller till metanol via termisk förgasning (Börjesson 2007).

När man studerar hur hela samhället skall nå ambitiösa klimatmål måste man använda sig av en bred systemsyn där man även räknar med att det finns ett flertal andra tekniska/ekonomiska klimateffektiva lösningar. Exempel är bostadssektorns framtida energianvändning och utsläpp av växthusgaser som kan reduceras med hjälp av bl a bioenergi men också kraftig effektivisering, solvärme, värmepump med förnybar el, o s v. Hur en ”ideal” klimat- och kostnadseffektiv fördelning av våra biomassaresurser skulle kunna se ut med en strikt klimatpolicy på lång sikt (2050 och framåt) har studerats av olika forskargrupper och med olika modeller vars resultat skiljer sig åt. Azar et al (2003) kommer fram till att ingen biomassa bör användas i transportsektorn medan Dielen et al (2002) kommer fram till motsatt slutsats<sup>47</sup>. Åkerman et al (2007) visar i 5 olika scenarier att bioenergi bör stå för mellan 0 till 40% av transportsektorns framtida energianvändning.

Skillnaderna i resultaten förklaras främst av olika antaganden om teknikutveckling inom transport-, bostads- och el sektorn där framförallt kostnaden för och möjligheterna till fordon som drivs med solväte på långsikt styr slutsatserna.

Scenarierna ovan är kraftigt förenklade och utgår från ”enkla” drivmedelsfabriker som producerar enbart drivmedel. Framtida drivmedelsanläggningar som utnyttjar lignocellulosa för t ex etanol-, metanol-, DME- och metanproduktion förväntas dock att byggas som energikombinat som genererar såväl biodrivmedel som el och värme för extern användning och även kemikalier. På detta sätt kan den totala verkningsgraden för anläggningen hållas hög vilket innebär att klimatnyttan med biodrivmedel också ökar. Den faktor som oftast begränsar en utbyggnad och lokalisering av energikombinat är avsättningsmöjligheterna för den externa värme som produceras. Ett viktigt krav är därför att lokala värmeunderlag finns i t ex form av fjärrvärmesystem, processindustrier, torkningsanläggningar för pellets osv. På nationell nivå är det därför den totala avsättningspotentialen för värme som avgör i vilken utsträckning energikombinatlösningar kan byggas ut (se t ex Ericsson och Börjesson).<sup>48</sup> Skillnaden i kostnads- och klimateffektivitet mellan att använda biomassa för värme, el, drivmedel och kanske produktion av plattformskemikalier blir betydligt svårare att avgöra med energikombinat och bioraffinaderier eftersom betalningsförmågan för de olika produkterna kan variera över tid och rum.

---

<sup>47</sup> Se Grahn (2006) för en utförligare diskussion om skillnaderna mellan dessa studier.

<sup>48</sup> Ericsson och Börjesson (2008).



## SLUTSATSER

- För att säkerställa att biodrivmedel från grödor leder till stor klimatnytta krävs att: 1) drivmedelsanläggningar drivs med förnybar energi och inte fossila bränslen, 2) odling undviks på ”kolrika” marker, t ex torvjordar med permanent betesmark etc, 3) eventuella biprodukter utnyttjas effektivt för att maximera deras (indirekta) energi- och klimatnytta och 4) lustgasutsläpp minimeras genom effektiva gödslingsstrategier och att mineralgödselkväve kommer från anläggningar med lustgasrening.
- Andra generationens drivmedel baserat på skogsråvara leder till en stor klimatnytta. Dubbel klimatnytta kan fås när restprodukter som t ex gödsel används för biogasproduktion tack vare att spontana metanutsläpp från traditionell hantering av restprodukterna kan reduceras.
- Om ökad biodrivmedelsproduktion medför uppodling av ny jordbruksmark med stort kolinnehåll kan klimatvinsten med biodrivmedel gå förlorad, alternativt förstärkas om odling börjar ske på marginalmarker med lågt kolinnehåll, men dessa förändringar av kolflöden klingar av med tiden medan klimatvinsten med att ersätta fossila drivmedel med biodrivmedel fortgår kontinuerligt.
- Det är ytterst tveksamt att belasta biodrivmedel med långsiktiga indirekta effekter på markanvändning p g a ”undanträngningseffekter” genom antagandet att ökad biodrivmedelsproduktion alltid leder till nyodling av åkermark. Eventuella undanträngningseffekter gäller i högsta grad även för ökad mat- och foderproduktion.. Dock kräver ”hållbara drivmedel” en ”hållbar markplanering” generellt sett.
- Elanvändning i transportsektorn, i form av små elbilar eller plug-in hybrider, leder till kraftigt minskade utsläpp av växthusgaser när förnybar el används.
- Beroende på hur man räknar kan miljönyttan med el variera kraftigt. I en sammanhållen klimatpolitik finns det dock starka skäl som talar för att el i transportsektorn är en väldigt bra framtidslösning, bl a det faktum att det är en koldioxidfri energibärare och att elproduktionen har goda möjligheter att göras mycket koldioxidsnål.
- I framtiden kommer biodrivmedel i allt större grad att produceras i energikombinat tillsammans med el och värme och omfattningen av dessa kombinat bestäms framför allt av det värmeunderlag som finns tillgängligt (lokalt och nationellt). Dagens debatt kring om biomassa ska användas till el- och värmeproduktion eller drivmedel är därför delvis missriktad.

## 5. Hur påverkas andra utsläpp?

### 5.1 Reglerade och oreglerade utsläpp

Utsläpp av kolväten, kolmonoxid, NO<sub>x</sub> och partiklar, d.v.s. utsläpp som främst påverkar vår hälsa, bestäms av (i) bränslet, (ii) motorn, samt (iii) avgasreningsutrustningen. Skillnaderna i utsläpp mellan biodrivmedel och konventionella fossila drivmedel är i allmänhet små. Gasformiga bränslen som väte, biogas och DME anses ha lägst utsläpp av kolväten, kolmonoxid och partiklar, följt av etanol och metanol (höginblandning) som i sin tur är bättre än bensin. NO<sub>x</sub>-utsläppen är liknande för alla drivmedel och bestäms mer av motorteknik och efterrening. Utsläpp av partiklar gäller främst diesel och biodiesel som RME och här har RME små fördelar enligt vissa mätningar.

En generell nackdel med motoralkoholer som etanol och metanol jämfört med bensin är att de vid kallstart ger något högre utsläpp av flyktiga kolväten, däribland formaldehyd, som är en hälsofarlig gas<sup>49</sup>. Utsläppen vid kallstart förstärks vid kall väderlek och detta har uppmärksammats i media för något år sedan. Detta åtgärdas normalt med förvärmning och/eller direktinsprutning. För bilar med låginblandning anses inte detta vara något problem.

Skillnaderna i hälsovådliga utsläpp mellan biodrivmedel och fossila drivmedel skall dock inte överdrivas. Utsläppsnivån från fordon sätts snarare idag av regleringar och tillgänglig avgasreningsteknik. Idag innebär alla drivmedel, även etanol, metanol och biometan att motorn måste ha någon form av avgasreningsteknik för att klara utsläppskrav. Potential finns att väsentligt minska utsläppen från dagens nivåer, både för fossila drivmedel och för biodrivmedel.

Ett varnande finger kan dock höjas för små partiklar. Med en ökad övergång till dieselmotorer eller ökat kompressionstryck i vanliga ottomotorer fås troligtvis ett större antal mycket små partiklar (PM<sub>2,5</sub>)<sup>50</sup>. Partiklar av denna storlek har ganska nyligen uppmärksammats som ett reellt hälsoproblem inom EU. Mätutrustning för att mäta och filter för att fånga in partiklar av denna storlek är under utveckling. De enda framtida drivmedlen som skiljer sig väsentligt från dagens konventionella är väte i bränsleceller och elektricitet som båda har potential till ”nollutsläpp” från fordonet.

---

<sup>49</sup> Med kallstart avses att motorn inte ännu kommit upp i sin normala arbetstemperatur.

<sup>50</sup> Idag regleras utsläpp av partiklar mätt som mg/km. Man mäter vikten av samtliga partiklar upp till storleken 10 mikrometer (PM<sub>10</sub>). PM<sub>2,5</sub> avser partiklar upp till storleken 2,5 mikrometer. Om man minskar utsläppen av alla partiklar upp till PM<sub>10</sub> kan ändå samtidigt utsläppen öka av mindre partiklar som t ex PM<sub>2,5</sub> och PM<sub>1</sub>, vilka idag tros vara betydligt hälsovådligare. I kommande utsläppskrav inom EU (”Euro 6”) diskuteras det att inte bara mäta mängden partiklar i mg/km utan även antalet partiklar per km.

## 5.2 Bränslehantering

Etanol och metanol är mer lättantändliga än bensin och diesel men förångas långsammare vilket ger låga koncentrationer av farliga ångor. Vid olyckor anses därför etanol och metanol mindre farliga än bensin och diesel. Metanol är giftigt att förtära liksom bensin och diesel medan etanol har lägre giftighet. En fördel med etanol och metanol är att bägge drivmedlen är biologiskt nedbrytbara, d v s sker utsläpp till mark och vatten bryts dessa ner av mikroorganismer. RME kan hanteras säkert och är mindre farlig för både människor och djur jämfört med vanlig fossil diesel. Väte är säkert när det släpps ut i luften men när det är lagrat i en tank finns det en explosionsrisk. Denna risk bedöms dock kunna hanteras.<sup>51</sup>

---

<sup>51</sup> Se tex. SPI (2007)

## *SLUTSATSER*

- Gasformiga drivmedel som metan och väte följt av flytande biodrivmedel ger normalt aningen lägre utsläpp av reglerade substanser. Denna skillnad skall dock inte överdrivas då utsläppsnivån idag bestäms framför allt av regleringar som baserar sig på tillgänglig motorteknik och efterreningsutrustning.
- Framtida plug-in hybrider, elbilar och bränslecellsfordon är de enda som kan ge ”nollutsläpp” på gatan. Dock förskjuts utsläppen ”uppåt” i systemet till kraftstationen eller väteproduktionen. Normalt sett är dock utsläppen lättare och billigare att rena till låga nivåer i en centraliserad stor anläggning än i ett fordon.
- För vissa nya drivmedel (t ex väte) finns det säkerhetsproblem vid hanteringen, men problemen förefaller hanterbara.
- Biodrivmedel har en fördel vid eventuella utsläpp till mark och vatten då dessa är biologiskt nedbrytbara, till skillnad från fossila drivmedel.

## 6. Leder dagens system till bättre biodrivmedelssystem?

Det finns en stor variation av produktionssystem för biodrivmedel idag. Även med samma råvaror som utgångspunkt och samma slutprodukt (t ex etanol) kan skillnaderna i miljönytta och kostnader variera stort. Allmänt sett så drivs utvecklingen alltid mot effektivare system som utnyttjar råvaror och insatsenergi bättre på en konkurrensutsatt marknad. Med rätt incitament (skatter, certifieringar, krav e.t.c) kan utvecklingen påskyndas. Exempel är utveckling mot energikombinat där etanol samproduceras med biometan, elektricitet, processvärme eller djurfoder.

### 6.1 1:a och 2:a generationens biodrivmedel

Ett vanligt förekommande argument för satsningen på spannmålsbaserade biodrivmedel är att 1:a generationens biodrivmedel öppnar vägen för 2:a generationens biodrivmedel. Själva namnet ”1:a generationen” antyder att det naturligt ska följas av 2:a generationen som baseras på lignocellulosa.

Tekniskt sett finns det vissa argument som talar för detta. Produktionssystemen (skörd, transport, raffinering etc) för 1:a generationens biodrivmedel har oftast lite gemensamt med biodrivmedelsystem som baseras på lignocellulosa. Vissa samordningsfördelar finns dock om man väljer att använda sig av restprodukter från spannmål (t ex halm, majsblast mm) som bas för framställningen av 2:a generationens drivmedel. Detta sker bl.a i USA där man satsar på att bygga 2:a generationens biodrivmedelsfabriker i direkt anslutning till de ”traditionella” majsetanol-fabrikerna för att direkt utnyttja majsavfallet. En annan potentiell samordningsvinst mellan stärkelse- och cellulosabaserad etanol är att man i utvecklingsprojekt av 2:a generationens biodrivmedel alltmer blandar cellulosan med stärkelse för att underlätta nedbrytningen av cellulosan till nedbrytbara sockerarter. Framtida cellulosabaserade etanolanläggningar kommer därför sannolikt att också utnyttja en viss andel spannmål eller annan stärkelsråvara. Vid produktion av biogas fås också synergieffekter när olika råvaror och substrat blandas.

Fordons- och bränsletekniskt har tillgången på 1:a generationens etanol och biodiesel som RME tvingat fram bränslespecifikationer för både låginblandning och höginblandning för etanol och biodiesel i form av FAME (Fatty Acid Methyl Ester vilket är ett samlingsnamn för den vanligaste typen av biodiesel idag, t ex RME). Detta underlättar naturligtvis framförallt introduktionen av 2:a generationens etanol<sup>52</sup> men kan eventuellt skapa en inlåsnings effekt gentemot 2:a generationens *metanol*. De fordons- och bränsletekniska hindren för dessa biodrivmedel skall dock inte

---

<sup>52</sup> 2.a generationens biodiesel, s.k. Fisher-Tropsh diesel, förväntas vara fullt kompatibel med dagens diesel

överdrivas. Det är som tidigare nämnts, relativt enkelt att anpassa bränslespecifikationer och motorer med efterföljande efterreningsutrustning avseende alkoholbränslen och biodiesel som RME.

Det främsta argumentet för att dagens etanol och RME kan verka som ”bryggtekniker”<sup>53</sup> är att de bygger upp en kritisk massa av intressenter och användare som kan driva utvecklingen vidare mot andra generationens drivmedel. Med bryggtekniker avses inte bara tekniken i sig. Det handlar också om hur viktiga aktörsnätverk och deras kunskap och erfarenhet från marknaden driver teknikutvecklingen inom energi- och transportsektorn.<sup>54</sup> Utvecklingen av 2:a generationens biodrivmedel måste stödjas separat för att den ska bli framgångsrik men denna utveckling underlättas om det redan finns ett etablerat nätverk av aktörer på en redan fungerande marknad som kan investera och ta strategiska beslut. De flesta stora aktörer som sysslar med 1:a generationens biodrivmedel i Sverige idag är även involverade i utvecklingen av 2:a generationens biodrivmedel.

## ***6.2 Utveckling av 2:a generationens drivmedel***

Bioenergins stora potential inom transportsektorn vilar långsiktigt på att 2:a generationens biodrivmedel utvecklas tillsammans med effektivare fordon med elektrisk drivlina. Utveckling och spridning av ny teknik är en komplex process som är svår att förutsäga eller att styra i detalj. Ledtiderna mellan forskning, demonstration och marknadsgenomslag är långa, ofta mer än 20 år och ibland upp till 40 år. Statliga satsningar behövs för att accelerera denna utveckling men risken finns alltid att man satsar på ”fel” teknik. Forskning pekar på att teknikspår som är flexibla och således robusta för förändrade villkor har störst chans att lyckas på längre sikt<sup>55</sup>.

Risken för att låsa in sig i ”felaktiga” teknikval (s.k. lock-in) berör etablerade tekniker på marknaden. I en utvecklingsfas så stödjer konkurrerande alternativ varandra mer än de utesluter varandra. För 2:a generationens biodrivmedel och effektiva fordon kan man identifiera tre olika teknikplattformar, den elektriska (hybridspåret), den biokemiska (hydrolysspåret) och den termokemiska (förgasningsspåret). Dessa plattformar behöver utvecklas oavsett vilket bränsle eller vilka fordon som finns kommer att finnas i framtiden. Mycket av den grundläggande forskning och marknadsutveckling som sker idag inom dessa plattformar sker redan utanför bioenergi- eller transportsektorn. Enzymatisk hydrolys och den kringliggande kunskapen utvecklas t ex av den

---

<sup>53</sup> Sandén och Jonasson (2005).

<sup>54</sup> Ibid; Nilsson et al (2005).

<sup>55</sup> Detta innefattar inte bara tekniskt flexibla utan även ”politiskt flexibla”, d.v.s de kan stödjas av flera olika skäl, se t.ex Åhman 2006, Nilsson et al 2005

biokemiska industrin med ambitionen att skapa framtida bioraffinaderier för att kunna utnyttja biomassa mer optimalt som råvara vid framställning av så kallade plattformskemikalier (råvarukemikalier för andra produkter). Ett annat exempel är kraftelektronik och batterier som utvecklas främst av den växande marknaden för hemelektronik. Förgasningsteknologin, framförallt storskaliga applikationer, drivs till stor del av ambitionen att effektivare utnyttja kolresurser i Kina och USA (tyvärr).

Risken för att dyra utvecklingsinsatser görs till ”ingen nytta” är således mycket liten. I Sverige har vi starka forsknings- och utvecklingsmiljöer både när det gäller förgasningsspåret och hydrolysspåret. Vi har t ex pågående försöks- och demonstrationsanläggningar vad gäller förgasning i t ex Piteå samt för hydrolys i Örnsköldsvik.

## *SLUTSATSER*

- Dagens produktion och användning av etanol, RME och biogas hjälper snarare än stjälper utvecklingen av nya och effektivare biodrivmedel.
- För att långsiktigt tillgodogöra sig bioenergins stora potential inom transportsektorn krävs bättre system än dagens. Denna utveckling kräver breda satsningar på (i) förgasningsteknik, (ii) enzymatisk hydrolys samt (iii) effektiva eldrivlinor.
- Såväl dagens som framtida produktionssystem kommer i allt större omfattning att utgöras av bioraffinaderier där också plattformskemikalier kommer att produceras, exempelvis eten eller etanol som råvara för kemiindustrin.



## 7. Kan förnybara drivmedel vara ekonomiskt hållbara?

Biodrivmedel behöver idag statligt stöd för att kunna konkurrera ekonomiskt med bensin och diesel. År 2006 var genomsnittspriset för bensin och diesel cirka 3,90 respektive 5 kr/liter exklusive skatter<sup>56</sup>. Detta avspeglar situationen när genomsnittspriset på råolja var 65 dollar/fatet. Detta är en kraftig ökning från de 2 - 3,5 kr/liter vilket var det ungefärliga priset (exklusive skatter) för både bensin och diesel mellan 1995 till 2005. Samma år, 2006, var priset för svensktillverkad etanol från vete ungefär 7-8 kr/liter<sub>be</sub><sup>57</sup> och RME ungefär 6,5-7,5 kr/liter<sub>de</sub><sup>58</sup>. Biogas säljs idag för ca 6-7 kr/ liter<sub>be</sub> men produktionskostnaderna varierar kraftigt. Det enda biodrivmedel som bedöms vara konkurrenskraftigt idag utan skattebefrielse är etanol från sockerrör i Brasilien som tillverkas för ca 2-3 kr/ liter<sub>be</sub><sup>59</sup>.

Det senaste årets kraftiga uppgång i råoljepriser har höjt priserna för bensin och diesel och i år har t ex bensinpriserna gått över 5 kr/liter<sup>60</sup>. Även spannmåls- och oljefröpriserna har fördubblats de senaste åren för att nu sjunka tillbaka något under innevarande år. Pålitliga och dagsaktuella data för produktionskostnaderna för t ex etanol från vete och majs eller biodiesel är svåra hitta. Priserna givna ovan gäller fram till 2006, d v s strax innan den kraftiga prisökningen för spannmål.

Idag är energiskatten på bensin ca 2,95 kr/liter och på diesel ca 1,23 kr/litern och dessutom belastas samtliga fossila bränslen med en CO<sub>2</sub>-skatt på ca 2,30-2,90 kr/liter (sedan 1 jan 2008). Biodrivmedel slipper betala CO<sub>2</sub>-skatt då de anses vara ”CO<sub>2</sub>-neutrala” och fram tills 2012 är biodrivmedel även befriade från energiskatten. Totalt har alltså bensin och diesel en skattebelastning motsvarande 6,6 kr/liter jämfört med biodrivmedel. Biodrivmedels skatteundantag har varit en viktig drivkraft för att utveckla marknaden fram tills nu men undantaget från energiskatten är dock bara tillfällig. Det ekonomiska incitament som är långsiktigt motiverat är befrielsen för CO<sub>2</sub>-skatten (som för närvarande ligger på 2,60 kr med moms för transportsektorn). Med de produktionskostnader som gäller idag så hade inte CO<sub>2</sub>-skatten på fossila drivmedel räckt för att göra biodrivmedel konkurrenskraftiga, undantaget brasiliansk sockerrörsetanol.

---

<sup>56</sup> SPI 2008

<sup>57</sup> Jordbruksverket 2006, Biodrivmedel jämförs här generellt med liter bensinekvivalenter eller diesel ekvivalenter dvs. den mängd biodrivmedel som innehåller lika mycket energi som en liter bensin eller diesel. En liter etanol motsvarar ca 0,67 liter bensin i energivärde och en liter biodiesel motsvarar ca 0,92 liter diesel.

<sup>58</sup> Jordbruksverket 2006, givet att man fick avsättning för biprodukter (glycerin och rapskaka) för 1,5-2,5 kr/litern

<sup>59</sup> Jordbruksverket 2006, SOU 2007-36, Boisen 2008

<sup>60</sup> SPI 2008

## 7.1 Det långsiktiga oljepriset

Det långsiktiga priset för råolja är svårbedömd men IEA bedömde år 2007 att det borde ligga mellan 60-70 USD/fat fram till 2030<sup>61</sup> med en stor risk för plötsliga prisuppgångar givet den osäkra balansen mellan ökad efterfrågan och utbud. Några månader efter denna bedömning steg priset hastigt från 70 upp till 140 dollar/fatet och är i nuläget på väg ner igen (ca 60-80 dollar/fatet). En långsiktig kostnad på råolja runt 50 till 70 dollar/fatet kan motiveras utifrån de produktionskostnader som bedöms gälla för ”icke-konventionella” oljeresurser som t ex tjärsand<sup>62</sup> som inte har motsvarande fysiska begränsning som dagens oljereserver.

## 7.2 Den långsiktiga biodrivmedelskostnaden

Råvarukostnader är en dominerande del av den slutgiltiga kostnaden för att framställa etanol, ca 58–65 %<sup>63</sup>, och RME, ca 90% eller högre<sup>64</sup>. Utvecklingen drivs mot 2:a generationens biodrivmedel bl a för att dessa antas kunna utnyttja en råvarubas, lignocellulosa, som är betydligt billigare än dagens råvaror i form av vete, majs och raps. Som tidigare nämnt drivs denna utveckling framförallt av det faktum att klimatnyttan är större och konflikten mellan mat och bränsle blir mindre. Priset på lignocellulosa varierar idag om det utgörs av restprodukter eller dedikerade energiodlingar. Som exempel ges nedan en prognos för råvarupriserna inom EU de närmaste åren. Osäkerheterna kring prisutvecklingen framöver är stor och beror på konkurrens och teknikutveckling för t.ex odling, skörd m.m. Tabell 7.1 ger dock en indikation på hur stora kostnadsskillnaderna är mellan olika typer av råvara.

**Tabell 7.1.** Uppskattade råvarukostnader fram till 2012 inom EU

Biomassakostnad vid råoljepris på 50 euro/fat	Euro/GJ
Vete	6,7
Raps	10,4
Vedråvara från skogsavfall	2,9
Vedråvara från dedikerade odlingar	4,5

Källa Concawe et al 2007

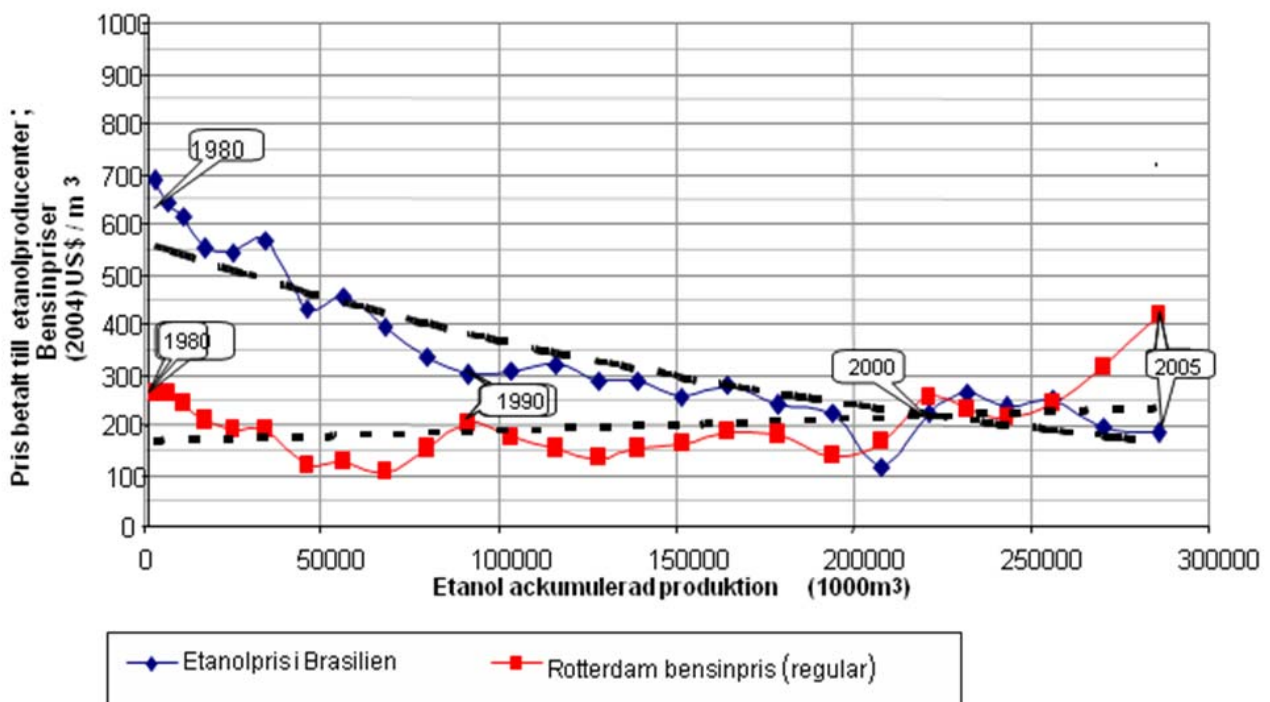
<sup>61</sup> IEA 2007a

<sup>62</sup> Brandt and Farrel 2007,

<sup>63</sup> IEA 2004; Kojima och Johnson 2005.

<sup>64</sup> Jordbruksverket 2006.

En annan faktor som kan sänka kostnaderna för att framställa biodrivmedel är genom så kallade ”läreffekter”. Med läreffekter menas att produktionskostnaderna sjunker reellt med ackumulerad produktion som en effekt av små ständiga förbättringar och effektiviseringar i hela produktionskedjan. Läreffekter har mätts upp för ett flertal energiteknologier och brukar ligga mellan 5 och 20%, d v s produktionskostnaden sjunker med 5 till 20% för varje fördubbling av den kumulativa produktionen<sup>65</sup>. Ett relevant exempel på en ”läreffekt” visas i Figur 7.2 nedan med prisutveckling för brasiliansk sockerrörsetanol mellan åren 1980 och 2005.



Figur 7.1 Kostnadsutveckling för Brasiliansk etanol. Källa: Goldemberg J., ( pers. kom)

### 7.3 Hur lågt kan kostnaden för biodrivmedel sjunka?

Flera modelleringar av tillverkningsprocesser har gjorts för att uppskatta möjliga framtida kostnader för att producera 2:a generationens biodrivmedel. I Tabell 7.2 nedan visas en sammanställning av olika uppskattningar av framtida potentiella kostnader för andra generationens drivmedel jämfört med bensin/diesel. Uppskattningarna i Tabell 7.2 visar den kostnad som är möjlig att uppnå på lång sikt i stor produktionsskala, med antagna läreffekter och teknisk utveckling. Siffrorna är uppdelade

<sup>65</sup> Se t ex Neij (2008)

på produktionskostnader och distributionskostnader då dessa skiljer sig åt mellan gasformiga och flytande bränslen.

**Tabell 7.2** Uppskattade potentiella produktionskostnader för andra generationens drivmedel vid storskalig produktion och med teknikutveckling.

Drivmedel	Produktionskostnader (Kr/l bensinekv.)	Distributionskostnader (Kr/l bensinekv.)	Totalt
Bensin/diesel	2,8 – 3,5	0,9-1	3,7–4,5
Etanol (ved)	3 – 6	1	4 - 7
Biometan (ved)	3	1 - 2	4 - 5
Metanol (ved)	2,7 – 3,5	~1,1	3,8- 4,6
DME (ved)	2,7 – 3,5	1,5-2	4,2 – 5,5
Syntetisk diesel (ved)	3,3 – 5,3	0,9-1	3,2 – 6,3

Källor: Baserat på Hamelinck och Faaij (2006), IEA (2004), SGC (2008). Distributionskostnader från Ecotrafic (2002), IEA (1999) och Boisen (2008). Variationen visar bl.a olika antaganden om teknikutveckling och olika biomassapriser (0,5 kr/lbe eller 0,75 kr/lbe). Bensin/diesel kostnaderna motsvarar ungefär ett råoljepris på 50 till 65 dollar/fatet.

Som framgår av Tabell 7.2 så bedöms framtida biodrivmedel ha *möjligheter* att bli konkurrenskraftiga med fossila alternativ vid en kostnadsnivå motsvarande dagens, exklusive ekonomiska styrmedel. För att de optimistiska uppskattningarna i tabellen ovan skall bli verklighet krävs dock mycket teknikutveckling, investeringar i produktion för att få erfarenheter och en fortsatt vidareutveckling av biomassamarknaden för lignocellulosa. När det gäller dedikerade energiodlingar av t ex Salix bedöms produktionskostnaden kunna minska väsentligt i framtiden genom olika slags skalfördelar och läreffekter, om odlingsarealen ökar från dagens cirka 15,000 hektar till 50,000 - 100,000 hektar.<sup>66</sup> Å andra sidan medför ökade spannmålspriser att jordbrukaren kräver en högre markersättning också vid odling av andra grödor än spannmål, vilket innebär att produktionskostnaden för t ex energiskogsodling ökar.<sup>67</sup>

Produktionskostnaderna för 1:a generationens drivmedel bedöms också kunna reduceras i framtiden genom optimering av processer och utveckling av så kallade bioenergikombinat. En viktig faktor är också priset på de biprodukter som fås, t ex drank vid etanolproduktion och rapsmjöl vid RME-produktion. Om världsmarknadspriset på proteinfoder ökar (för t ex sojamjöl) ökar också betalningsförmågan för foderbiprodukter vilket till viss del kan kompensera för de ökade råvarupriserna för spannmål och oljefrö.

På kort och medellångsikt är kostnaderna betydligt högre för 2:a generations biodrivmedel jämfört med både bensin/diesel och med 1:a generationens biodrivmedel. En långsiktig skatteskillnad

<sup>66</sup> Rosenqvist H., Börjesson P., Neij L., Berndes G. (2005). .

<sup>67</sup> Ericsson, K., Rosenqvist, H. and Nilsson, L. J. 2008

motsvarande dagens svenska CO<sub>2</sub>-skatt (inkl. moms) på 2,6 kr/liter kommer att främja biodrivmedel generellt, men den kommer vara för liten för att generera riskfyllda investeringar och tillräckligt med tillämpad forskning för att kunna driva utvecklingen av 2:a generationens biodrivmedel. Förutom riktat stöd till forskning och demonstration måste 2:a generationens biodrivmedel ha minst motsvarande stöd som biodrivmedel har idag, d v s en övergående befrielse från energiskatt, för att kunna börja växa på marknaden. Oljepriset kan också stiga och på så vis gynna konkurrenskraften hos 2:a generationens drivmedel, om de länder som har stora icke-konventionella oljeresurser väljer att inte exploatera dessa resurser av t ex miljöskäl.

## *SLUTSATSER*

- Konkurrenskraften för biodrivmedel gentemot fossila drivmedel kommer i framtiden främst att bestämmas av miljöskatter som t ex CO<sub>2</sub>-skatten.
- Med ökad konkurrens om råvaror kommer biodrivmedelsproduktionen att styras mot att utnyttja billigare råvaror som t ex restproduktströmmar från skogs- och jordbruket och hushåll, de s k 2:a generationens biodrivmedel men också biogas.
- Utvecklingen av produktionstekniker för 2:a generationens drivmedel kräver en fortsatt kraftfull teknik- och marknadsutveckling för att successivt kunna tillgodogöra sig läreffekter och därmed sjunkande produktionskostnader. Högre råvarupriser innebär också risker förknippade med utökad och intensifierad markanvändning.

## 8. Är biodrivmedel ett hot mot den biologiska mångfalden och tillgången på vatten?

### 8.1 Biologisk mångfald

En potentiell miljömålskonflikt som ofta debatteras i samband med ökad produktion av biodrivmedel är att denna kan leda till minskad biologisk mångfald. Vad som avgör detta är framför allt vilken typ av mark som utnyttjas vid råvaruproduktion, t ex om det är befintlig åker- och skogsmark som redan är i produktion eller om det är nyodlad mark med höga naturvärden. Exempel på situationer där den biologiska mångfalden kraftigt försämras är när regnskog i Sydostasien huggs ner för att ge utrymme för oljepalmsplantager för tillverkning av biodiesel vilket har uppmärksammats av flera miljöorganisationer. Till exempel motarbetade Greenpeace introduktion av palmoljediesel (så kallad Eco20) i Sverige med hänvisning till att denna produktion leder till förluster av biologisk mångfald och ger obefintlig klimatnytta p g a avskogning och torrläggning av tropisk torvmark<sup>68</sup>. Om ökade sockerrörsodlingar för etanolproduktion i t ex Brasilien leder till indirekta effekter i form av avskogning av Amazonas hotas också den biologiska mångfalden.

Avverkning av naturskogar med höga biologiska värden är dock ett generellt problem som hittills i betydligt större grad gällt mat- och foderproduktion, och utvinning av värdefullt virke som ofta sker illegalt. Till exempel importerar Sverige 100 000 ton palmolja till Sverige per år från i huvudsak Malaysia och används i livsmedel, kosmetika mm. I energitermer motsvarar denna import ungefär 3% av dagens dieselanvändning i Sverige. Oberoende av vad som produceras bör markområden med hög biologisk mångfald om möjligt skyddas på något sätt. Befintliga och pågående arbeten med att utveckla hållbarhetskriterier och certifieringssystem för virkesproduktion, matproduktion och biodrivmedelsproduktion innehåller i stort sett alltid krav på att den biologiska mångfalden ska skyddas. Dessutom bör aktuella länder stödjas i kampen mot illegala avverkningar.

Det kan också finnas situationer där biobränsleproduktion leder till positiva lokala miljöeffekter. Exempel är när den torktåliga buskväxten *Jatropha* planteras på torra marginalmarker i t ex Sydostasien och Afrika och när torktåligt energigräs, switchgrass, odlas i semiarida områden i västra USA och norra Kina. Det bedöms också vara möjligt att producera ekologiskt hållbar palmoljediesel i framtiden om odling sker på degraderad mark som inte utnyttjas idag och

---

<sup>68</sup> Greenpeace, 2008

biprodukter utnyttjas på ett effektivt sätt<sup>69</sup>. Storleken av en framtida potentiell påverkan på den biologiska mångfalden kopplar också indirekt till i vilken omfattning biodrivmedel kommer att produceras, dvs hur mycket mark som kommer att tas i anspråk. En analys av EU's Miljöbyrå<sup>70</sup> visar t ex att tillförseln av bioenergi kan öka upp till motsvarande 15-20 % av dagens totala energitillförsel och samtidigt vara förenlig med strikta miljökrav. En betydande andel av bioenergipotentialen (inom EU, nationellt och globalt) utgörs av olika avfalls- och biprodukter vilka normalt har en mindre påverkan på biologisk mångfald än potentiellt förändrad markanvändning via ökad odling av energiråvara.

När det gäller svenska förhållanden och odling av energigrödor på åkermark finns det endast ett begränsat antal studier som analyserat hur olika energiodlingar påverkar den biologiska mångfalden, och de som finns är relativt gamla<sup>71</sup>. De analyser som finns är framför allt inriktade på energiskog vars resultat visar att t ex Salix oftast medför en ökad biodiversitet inom intensivt brukade jordbruksområden. Om däremot odling av energigrödor börjar ske på marker med stora naturvärden, t ex gamla hag- och betesmarker, slåtterängar, fuktängar mm, påverkas den biologiska mångfalden negativt. Om värdefulla skogsbiotoper börjar avverkas för att få råvara till 2:a generationens drivmedel är detta också ett hot mot mångfalden. Inom skogsnäringen finns dock idag miljöcertifieringssystem (FSC och PFEC) för att bl a skydda den biologiska mångfalden i skogen och dessa certifieringssystem gäller oavsett vad råvaran ska användas till.

Ett nytt sortiment som eventuellt kan bli aktuellt som råvara för bl a biodrivmedel är stubbar. Idag tillåts dock ingen storskalig stubbskörd i Sverige då bl a Skogsstyrelsen ställer krav på att miljökonsekvensbeskrivningar först ska genomföras för att beskriva vilka eventuella effekter detta kan få på miljön. Det finns vissa farhågor om att en storskalig stubbskörd på traditionell skogsmark och inom vissa speciella områden skulle kunna få negativa konsekvenser för den biologiska mångfalden, om det t ex redan idag finns brist på grov död ved inom det specifika området. Vid skogsodling på tidigare åkermark (t ex lövträds- och granodling) bedöms dock stubbskörd medföra endast en marginell påverkan på den biologiska mångfalden.

Sammanfattningsvis är kunskapen begränsad om biodrivmedels eventuella effekter på biologisk mångfald men så länge inga marker med hög biologisk mångfald tas i bruk bedöms effekterna vara relativt marginella. I Tabell 8.1 görs en grov summering över hur miljökonsekvenserna kan bli vid

---

<sup>69</sup> IFEU, 2007

<sup>70</sup> EEA 2006

<sup>71</sup> Börjesson 2007



en ökad svensk produktion av energigrödor på åkermark och som kan användas som råvara för biodrivmedel.

**Tabell 8.1.** Tänkbara effekter på den biologiska mångfalden vid ökad produktion av energigrödor för drivmedelsproduktion i Sverige.<sup>1</sup>

Produktionssystem	Effekter på biologisk mångfald
Energiskog & energigräs ersätter ettåriga grödor i slättbygd	+
Energiskog ersätter extensiv vall & bevuxen träda i skogsbygd	-
Energiskog & energigräs ersätter extensiv vall & bevuxen träda i slättbygd	+
Energiskog & energigräs odlas på lågavkastande marker med höga naturvärden	---
Energispannmål & oljevaxter ersätter ettåriga grödor	0
Energispannmål & oljevaxter ersätter extensiv vall & bevuxen träda i skogsbygd	+
Energispannmål & oljevaxter odlas på lågavkastande marker med höga naturvärden	----

<sup>1</sup> Plus (+) indikerar positiv effekt, minus (-) negativ effekt samt noll (0) ingen förändring. Baserat på Börjesson (2007).

I samband med den så kallade Oljekommissionen (2006) gavs i uppdrag åt prof. Urban Emanuelsson (föreståndare för "Centrum för biologisk mångfald") att beskriva hur en strategi för ökad produktion av bioenergi i Sverige kan se ut som samtidigt minimerar riskerna för negativa effekter på den biologiska mångfalden. Denna analys utmynnade i följande fyra huvudspår: 1) markanvändningen bör om möjligt planeras i grova drag i landskapet för att identifiera områden som är speciellt lämpliga för effektiv bioenergiproduktion respektive för bevarande av biologisk mångfald, 2) nuvarande mat- och virkesproduktion behöver fortsatt anpassning till bevarandet av den biologiska mångfalden vilket lämnar ökad plats i landskapet åt bioenergiproduktion, 3) befintliga odlingssystem för bioenergi bör om möjligt utvecklas med målsättningen att gynna den biologiska mångfalden (t ex modifierade produktionssystem för snabbväxande lövträd) samt 4) nya odlingssystem för bioenergi skapas som också genererar ökad biologisk mångfald (t ex på våtmarksliknande ytor). Alla dessa huvudspår kräver att ett antal nya styrmedel tas fram.

Dagens produktion av fossila bränslen påverkar också biologisk mångfald i viss utsträckning, både direkt via oljeutsläpp till havs och på land, kolbrytning som genererar giftigt avfall osv, samt indirekt via luftföroreningar vid förbränning. I framtiden kan så kallade "icke-konventionella" fossila bränslen som tjärsand (eller oljesand) och oljeskiffer komma att utnyttjas i allt större omfattning, vilka kan ge stora ekologiska konsekvenser vid brytning. Vissa fyndigheter av tjärsand utvinns i dagbrott som tar stora landarealer i anspråk och en uppmärksam brytning är den i

Kanada. Tillgången på tjärsand i Kanada motsvarar en total landyta som är större än England och denna återfinns framför allt i det boreala skogsbältet i Alberta och består delvis av torvmark <sup>72</sup>. Många av dessa skogs- och våtmarksområden bedöms viktiga för den biologiska mångfalden (och som kolsänkor) varför en ökad storskalig brytning av tjärsand kommer att leda till stora negativa ekologiska konsekvenser. Brytningen medför också att stora mängder vatten förorenas vilket leder till minskad biologisk mångfald i sjöar och vattendrag.

## 8.2 Vattentillgång

Den ökade produktionen av biodrivmedel har medfört att frågan om framtida tillgång på sötvatten aktualiserats än mer än tidigare. Ett flertal internationella rapporter har publicerats med budskapet att en storskalig produktion av biodrivmedel baserat på vattenkrävande grödor skyndar på problemen med vattenbrist i utsatta regioner. Exempel är delar av Indien, Kina och Afrika. Cirka 70% av den globala vattenförbrukningen hänförs idag till jordbruksproduktion (20% inom industrin och cirka 10% för hushållsbehov) varav cirka 2% av denna bevattning sker vid odling av grödor till biodrivmedelsproduktion <sup>73</sup>. Av dagens totala jordbruksmark bedöms cirka 20% bevattnas medan 80% tillgodoses via nederbörd. Den bevattnade arealen förväntas dock öka i framtiden av ekonomiska skäl samtidigt som behovet ökar p g a. klimatförändringar.

Om den globala jordbruksarealen för biodrivmedelsproduktion drygt tredubblas till 2030 jämfört med idag beräknas cirka 4% av den totala bevattningen ske i dessa odlingar. Det finns dock stora regionala skillnader beroende på aktuell nederbörd, vilken gröda som odlas och var produktionen av biodrivmedel förväntas expandera som mest. En uppskattning är att cirka 30% av bevattningen i södra Afrika kring 2030 kan komma att ske i sockerrörsodlingar för etanolproduktion. Motsvarande andel i amerikanska majsodlingar för etanolproduktion bedöms till cirka 20%. I länder som Kina, Indien, Brasilien och Indonesien bedöms bevattning för drivmedelsproduktion utgöra mellan 5-10% av den totala bevattningen i respektive land kring 2030 <sup>74</sup>.

Av dagens grödor för biodrivmedelsproduktion bedöms sockerrör komma att kräva mest bevattning i framtiden, följt av majs <sup>75</sup>. Övriga grödor bedöms till allra största delen odlas utan bevattning. Odling av sockerbetor kräver mindre än hälften så mycket vatten som sockerrör vid motsvarande etanolproduktion varför t ex växtförädlingsföretag håller på att utveckla ”energibetor” som kan

---

<sup>72</sup> WWF, 2008

<sup>73</sup> Faurés, 2008

<sup>74</sup> Faurés, 2008

<sup>75</sup> Ibid

odlas i t ex Sydostasien och Afrika i stället för sockerrör när tillgången på vatten är begränsad. Det finns också speciella växter som är torktåliga (t ex jatropha, switchgrass mm) och som kan odlas i semiarida områden där andra grödor inte kan odlas utan bevattning. Bevattning via pumpning innebär också att energibalansen för biodrivmedel försämras. Undantag är när t ex näringsrikt avloppsvatten renas via bevattning av energiodlingar jämfört med när konventionell reningsteknik utnyttjas<sup>76</sup>.

---

<sup>76</sup> Berndes och Börjesson, 2003

## *SLUTSATSER*

- Eventuella effekter på biologisk mångfald beror framför allt på vilken odlingsmark som utnyttjas. Om befintlig åkermark utnyttjas blir effekterna oftast marginella och positiva medan de kan bli stora och negativa om ny mark med höga naturvärden börjar odlas upp.
- Uppodling av naturmark med höga naturvärden är dock ett generellt problem som också gäller mat-, foder- och virkesproduktion, d v s det krävs nya och generella styrmedel som innefattar all markanvändning för att förhindra att biologisk mångfald går förlorad.
- Påverkan på regional vattentillgång och vattenförbrukning måste beaktas när biodrivmedel baseras på grödor som bevattnas (framför allt sockerrör följt av majs) då bevattning oftast är resurskrävande och därför inte alltid hållbart.
- En ökad biodrivmedelsproduktion kan påverka behovet av bevattning beroende på vilken gröda som odlas, inom vilken region odlingen sker och dess tillgång på nederbörd, d v s ”rätt grödor” måste odlas i ”rätt områden” för att undvika ökad vattenbrist i utsatta områden.

## 9. Har biodrivmedel orsakat högre matpriser?

Under de senaste 1-2 åren har priserna på livsmedelsråvaror ökat kraftigt (Fig. 9.1), något som medfört kritik mot att livsmedelsråvaror och jordbruksmark används för produktion av biodrivmedel, eftersom detta kan ha bidragit till prisökningarna. Prisökningarna, inte minst påföljande två framför allt de på stapelvaror, har slagit hårt mot många fattiga, framför allt de som är bosatta i städer och andra nettokonsumenter av livsmedelsråvaror. För fattiga på landsbygden å andra sidan innebär prisökningarna en möjlighet till ökade inkomster, åtminstone på längre sikt (se kap. 10). I första hand främjas nettoproducerande bönder, men genom löneeffekter kan prisökningarna även gagna jordlösa lantarbetare. På kort sikt har emellertid prisökningarna medfört att fler fattiga runtom i världen är i akut behov av riktade stödåtgärder för att undvika ökad svält och undernäring.

Den senaste tidens prisökningar på livsmedelsråvaror är ett trendbrott efter 20-30 år av (real) sjunkande priser<sup>77</sup>. Mellan 2005 och våren 2008 fördubblades eller tredubblades priserna på spannmålsgrödor såsom vete, ris och majs (Figur 9.1). Priserna nådde sina toppnivåer under våren 2008. Sedan dess har priserna sjunkit något, men förväntas stabilisera sig på en nivå som är högre (real) än den i början på 2000-talet<sup>78</sup>. Kraftiga prisökningar på livsmedelsråvaror är emellertid inget nytt. I samband med oljekriserna 1973 och 1979 inträffade kraftiga prisökningar, varefter priserna sjönk igen. Enligt FN:s livsmedels- och jordbruksorganisation FAO beror de senaste prisökningarna på en rad samverkande faktorer, framför allt i) den ökande efterfrågan på livsmedel, ii) den ökande produktionen av biodrivmedel, iii) stigande oljepriser, iv) minskade spannmålslager, v) torka, vi) spekulation och vii) handels- och jordbrukspolitik<sup>79</sup>. Hur mycket de enskilda och delvis inbördes beroende faktorerna har bidragit till utvecklingen är mycket svårt att kvantifiera. Det har gjorts en del kvantitativa och kvalitativa analyser<sup>80</sup>, men resultaten i dessa skiljer sig kraftigt åt beroende på val av tidsperiod, geografiskt område samt metod och vilka grödor som ingår. Vår bedömning är att den ökade produktionen biodrivmedel är en av flera bidragande orsaker till prisökningarna, men att den sannolikt haft en relativt begränsad betydelse än så länge. Under senare del av 2008 har priserna fallit ytterligare och är nu för vete och majs i nivå med priserna i början av

---

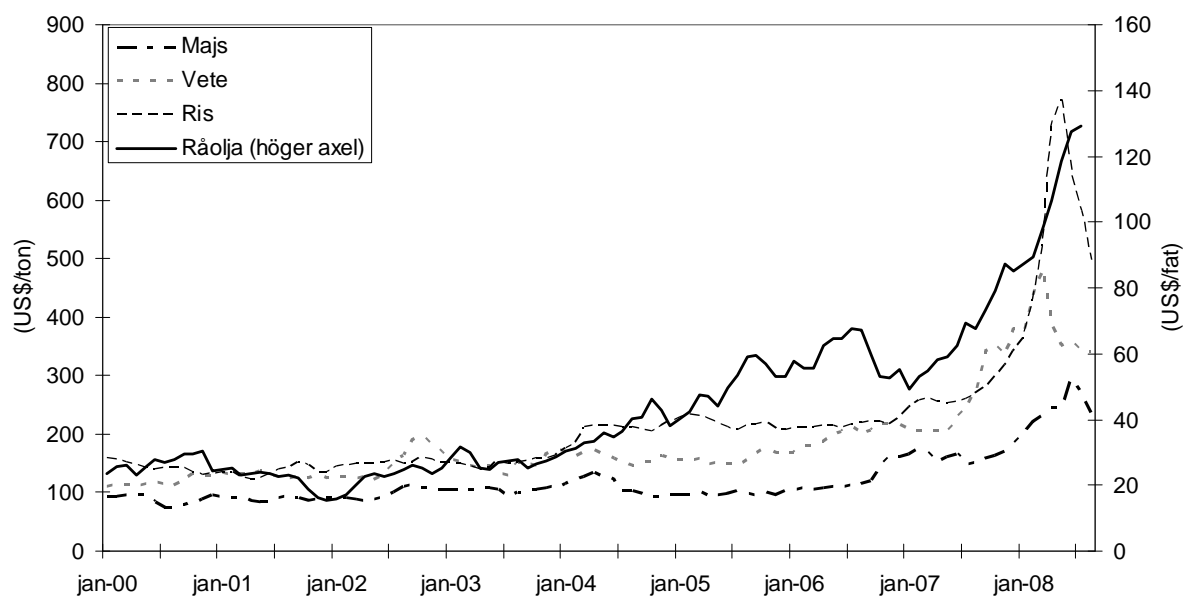
<sup>77</sup> I detta avsnitt refererar *priser* huvudsakligen till internationella priser. Dessa omsätts i olika grad till inhemska priser, vilka är de som konsumenten möter. De internationella priserna har i allmänhet större inverkan på de inhemska priserna i utvecklingsländerna än de i industriländerna. FAO, 2008a

<sup>78</sup> OECD/FAO 2008

<sup>79</sup> ibid

<sup>80</sup> Se bl a IFPRI (2008), Mitchell (2008) och DG Agriculture (2008). I Wiggins m.fl. (2008) analyseras vilken effekt produktion av biodrivmedel kan ha på framtida priser på livsmedelsråvaror.

2007, dvs före den kraftiga uppgången (samtidigt som produktionen av biodrivmedel inte minskat). Oavsett vilken inverkan produktionen av biodrivmedel har haft på den senaste tidens prisutveckling är det sannolikt att klimatfrågan på sikt kommer att leda till en starkare koppling mellan jordbruks- och energisektorn (inklusive drivmedel) (se kap. 10).



**Figur 9.1.** Den nominella prisutvecklingen<sup>81</sup> (US\$) för vete, majs, ris och råolja under perioden 2000 t.o.m. augusti 2008 (juli 2008 för råolja) (EIA, 2008; FAO, 2008b).

## 9.1 Ökad produktion av biodrivmedel

Produktionen av biodrivmedel har ökat kraftigt under de senaste åren (men från en generellt sett mycket låg nivå) och bedöms därigenom vara en bidragande orsak till prisökningarna på spannmålsgrödor och oljeväxter. Prisinverkan sker genom konkurrens om råvara eller förändrat val av odlingsgröda. För en gröda som ris finns emellertid ingen direkt koppling till produktionen av biodrivmedel då ris varken används som biodrivmedelsråvara eller odlas på samma slags mark som biodrivmedelsråvaror (dock kan en viss indirekt effekt fås på sikt via ett förändrat konsumtionsmönster). Mellan 2000 och 2007 ökade produktionen av etanol och biodiesel med tre respektive elva gånger<sup>82</sup>. Det är framför allt produktionen av biodiesel från oljeväxter och av spannmålsbaserad etanol (till 95% baserad på majs) som bedöms ha bidragit till prisökningarna, medan produktionen av sockerrörsbaserad etanol bedöms ha haft mindre inverkan<sup>83</sup>. Enligt den

<sup>81</sup> Det bör noteras att den reala prisökningen är lägre i många länder då dollarkursen sjunkit markant gentemot många valutor.

<sup>82</sup> OECD/FAO, 2008

<sup>83</sup> Mitchell, 2008

senaste bedömningen gick 4,4% respektive 8,6% av produktionen av spannmål respektive vegetabilisk olja till produktion av biodrivmedel<sup>84</sup>.

Trots den kraftiga produktionsökningen är markanvändningen för biodrivmedel fortfarande förhållandevis blygsam. Odlingen av bioråvara för produktion av biodrivmedel uppskattades till 14 miljoner hektar för 2004<sup>85</sup>, vilket motsvarar 1% av världens totala åkerareal. Enligt våra uppskattningar för 2007 har denna markanvändning ökat till drygt 22 miljoner hektar, d.v.s. 1,5% av åkerarealen (Tabell 9.1). Denna uppskattning inkluderar endast USA, EU och Brasilien, vilka tillsammans svarade för 92 % av etanolproduktionen och 79% av produktionen av biodiesel<sup>86</sup>.

**Tabell 9.1** Jordbruksmark som används för odling av bioråvara för produktion av biodrivmedel. Siffrorna för 2004 baseras på IEA (2006) och de för 2007 är egna uppskattningar.

Region	2004	2007
Nordamerika	8,4	14,6 <sup>1</sup>
EU	2,6	4,0 <sup>2</sup>
Latinamerika	2,7	3,6 <sup>3</sup>
Totalt	13,8	22,2

<sup>1</sup>Inkluderar endast USA där ca. 25% av majsproduktionen, motsvarande 9,2 Mha, används för etanolproduktion och 20% av produktionen av sojaböner, motsvarande 5,0 Mha, för produktion av biodiesel (USDA, 2008).

<sup>2</sup>Europeiska Kommissionen (2008)

<sup>3</sup>Inkluderar endast Brasilien där omkring 50% av sockerrörsproduktionen, motsvarande 3,1 Mha, används för produktion av etanol. Produktionen av biodiesel, huvudsakligen från sojaböner, uppskattas göra anspråk på ca 0,5 Mha.

## 9.2 Ökad efterfråga på livsmedel

En grundläggande orsak till de senaste årens prisökningar är den stadigt ökande efterfrågan på livsmedel, inte minst kött- och mejeriprodukter. Denna utveckling drivs av dels befolkningsökning<sup>87</sup> och dels hög ekonomisk tillväxt i stora ekonomier som Kina och Indien. Ökande inkomster i låginkomstländer, i kombination med urbanisering, har medfört förändrade konsumtionsmönster mot en diet med mer kött- och mejeriprodukter. Mellan 1980 och 2002 fördubblades köttkonsumtionen per capita i utvecklingsländerna, men den är fortfarande mindre än hälften så stor som i industriländerna<sup>88</sup>. Den ökade produktionen av animalisk föda har i sin tur medfört en ökad produktion av fodergrödor såsom spannmål och sojaprotein. Idag används cirka 1/3 av all spannmål och totalt drygt 1/3 av all åkermark för foderändamål<sup>88</sup>.

<sup>84</sup> OECD/FAO, 2008; FAO, 2008c

<sup>85</sup> IEA, 2006

<sup>86</sup> OECD, 2008

<sup>87</sup> Den årliga befolkningsökningen uppgick i genomsnitt till 1,23% under perioden 1990-2007.

<sup>88</sup> Steinfeld, 2006

### ***9.3 Stigande oljepriser, minskade spannmålslager, spekulation och torka***

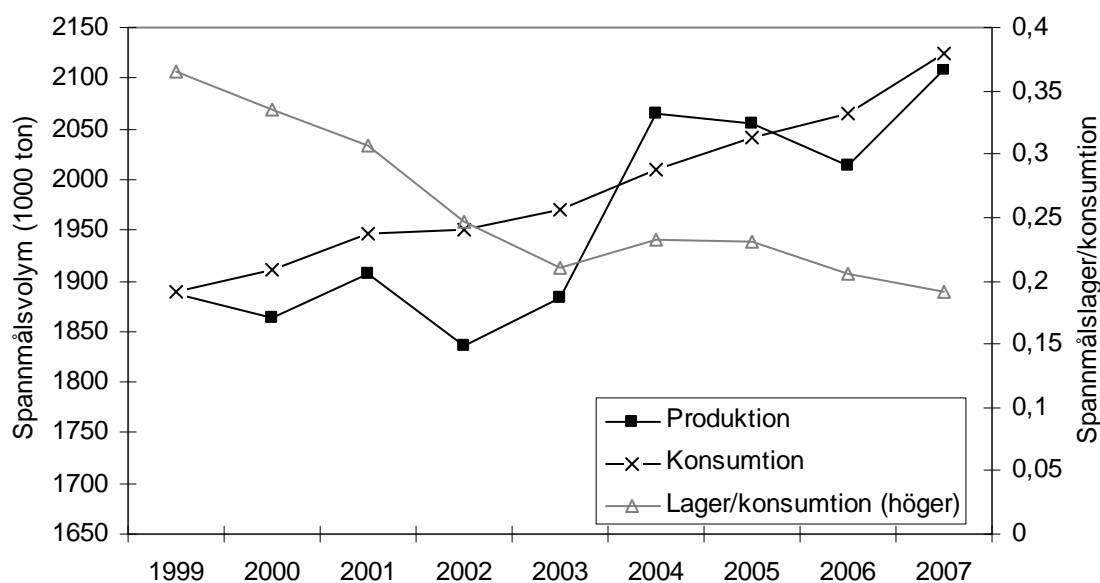
Stigande oljepriser har bidragit till prisökningarna på livsmedelsråvaror genom att de har medfört ökade produktionskostnader i jordbruket via användningen av fossilintensiva insatsvaror såsom diesel och konstgödsel, samt ökade frakt- och distributionskostnader.

Ytterligare skäl till de ökande priserna är minskade spannmålslager och ökad spekulation på marknaderna för jordbruksprodukter. Under flera år på 2000-talet har konsumtionen av spannmål överstigit produktionen genom balansering via spannmålslagren som därigenom har stadigt krympt (Figur 9.2). Orsaken till det ökande utnyttjandet av spannmålslagren är framför allt jordbruksreformer och ökad liberalisering. Utnyttjandet av spannmålslagren har i sin tur medfört att efterfrågeökningens prissignaler till produktionssidan fördröjts. Mindre spannmålslager har även ökat känsligheten vid snabba förändringar i utbuds och efterfrågan, vilket bidrog till att produktionssvackan 2006-2007 fick större priseffekt än den under 2000-2003. Den senaste produktionssvackan beror bl. a. på torka i Australien och Östeuropa. Förutsatt normala väderförhållanden globalt sett kommer årets (2008) produktion av spannmål (särskilt vete) att överstiga den under tidigare år eftersom spannmålsarealen expanderade under 2007-2008<sup>89</sup>.

---

<sup>89</sup> FAO, 2008d





**Figur 9.2.** Världens produktion och konsumtion av spannmål (vänster axel) och kvoten mellan spannmålslager och konsumtion (höger axel) för perioden 1999-2007 (FAO, 2004, 2006, 2008c).

## 9.4 Handels- och jordbrukspolitik

De senaste årens prisökningar måste också ses mot bakgrund av årtionden av höga nationella jordbruksstöd, exportsubventioner och handelshinder i form av tullar i framför allt EU, USA och Japan. Denna handels- och jordbrukspolitik har begränsat den internationella handeln med jordbruksprodukter och bidragit till hårt pressade världsmarknadspriser för dessa. Mest kritik har riktats mot användningen av olika slags exportsubventioner, inte minst de i EU. Exportsubventionerna har medfört att inhemska livsmedelsöverskott dumpats på världsmarknaden till låga priser, vilket har hämmat jordbruksutvecklingen i många u-länder och bidragit till deras importberoende. Som följd av påtryckningar från världshandelsorganisationen WTO har emellertid EU:s användning av exportsubventioner minskat under de senaste tio åren, vilket därigenom successivt minskat pressen på världsmarknadspriserna. Sedan 2001 pågår WTO-förhandlingar kring bl a handel med jordbruksprodukter inom den s.k. Doha-rundan. Syftet med dessa förhandlingar är ökad liberalisering inom jordbruksområdet, vilket bedöms ska främja jordbruksutvecklingen i u-länderna <sup>90</sup>.

<sup>90</sup> Världsbanken, 2007

Under den senaste tidens prisökningar har det även skett en omvänd utveckling inom handelspolitiken. För att begränsa prisökningarna på inhemska marknader har en rad länder, bl a Indien, Vietnam och Ukraina, infört temporära exportrestriktioner. Dessa restriktioner har förmodligen förstärkt prisökningarna på världsmarknaden, inte minst för ris.

## *SLUTSATSER*

- De senaste årens prisökningar på livsmedelsråvaror beror på en rad samverkande faktorer, där ökad produktion av biodrivmedel har en viss begränsad betydelse.
- Än så länge upptar odlingen av biodrivmedelsråvara endast cirka 1,5% av världens åkermark och cirka 4,4% av den globala spannmålsproduktionen går till drivmedelsproduktion.
- Andra faktorer som bidragit till prisökningarna är: i) ökad efterfrågan på livsmedel, inte minst kött- och mejerivaror, ii) stigande oljepriser, vilket ökat odlings- och fraktkostnaderna, iii) minskade spannmålslager, iv) torka, v) handels- och jordbrukspolitik och vi) spekulation på marknaden för jordbruksprodukter.

## 10. Räcker marken till mat och bränsle?

Med ökat fokus på klimatfrågan och åtaganden som innebär kraftiga utsläppsminskningar för koldioxid ökar värdet på bioråvaror i relation till fossila råvaror för produktion av bl a drivmedel. Jordens landyta och bioproduktiva mark är en begränsad resurs vilket innebär ökad konkurrens om mark när produktionen av bioråvara ökar. Idag används cirka 10 %, eller 1400 miljoner hektar (Mha) som åkermark och cirka 25 %, eller 3440 Mha, som betesmark. Därutöver tillkommer odling av permanenta grödor (fruktträd, vinrankor etc.) på 135 Mha. Den globala arealen skogsmark uppgår till cirka 3960 Mha. I Sverige uppgår arealen åkermark till 2,9 Mha. För att ersätta all användning av fossila bränslen i dagens transportsektor (84 EJ) med biodrivmedel fordras en yta på 400-800 Mha för odling av bioråvara (givet ett utbyte på 100-200 GJ/ha, se Figur 3.1). Exemplet visar att en ansenlig produktion av biodrivmedel är möjlig, men också att stora ytor av produktiv mark skulle tas i anspråk. Därför kan, vilket nämnts tidigare i rapporten, biodrivmedel endast betraktas som en delösning i transportsektorns minskade klimatpåverkan.

Markanvändningen för produktion av fossila råvaror är jämförelsevis små, d.v.s. energiproduktionen per hektar är betydligt högre vid utvinning/brytning av fossila råvaror än för odling av bioråvara. Markanvändningen knuten till fossila råvaror är emellertid ofta miljömässigt problematisk, framför allt vid utvinning av icke konventionella fossiler som tjärsand och vid brytning av kol. Dessa verksamheter innebär stora, ofta irreversibla, ingrepp i naturen.

Diskussionen i detta avsnitt fokuserar på energi- och livsmedelssektorns konkurrens om jordbruksmark. I verkligheten innefattar emellertid konkurrensen fler sektorer. Exempelvis används jordbruksmark även för odling av fibrer för produktion av textilier och pappersmassa, och i framtiden kommer kanske alltmer jordbruksmark att utnyttjas för odling av bioråvara till kemiindustrin. Utöver mat- och råvaruproduktion görs det anspråk på stora arealer jordbruksmark, och annan mark, för anläggning av infrastruktur, industriområden, bostäder och rekreationsområden.

### *10.1 Starkare koppling mellan energi- och jordbrukssektorn i framtiden*

I en klimatbegränsad värld med höga kostnader för koldioxidutsläpp stärks kopplingen mellan energi- och jordbrukssektorn. Flera modelleringsstudier<sup>91</sup> visar att höga koldioxidpriser, vilka skapar en hög efterfrågan på bioråvara, leder till ökade markpriser och ökade kostnader för

---

<sup>91</sup> bl a Johansson och Azar (2007), Ignaciuk m.fl. (2004) och Azar och Berndes (2000)

livsmedelsproduktion. Historiskt sett har kopplingen mellan energi- och jordbrukssektorn bestått i att energipriserna inverkat på jordbrukets kostnader för fossilintensiva insatsvaror. När jordbruksgrödor blir konkurrenskraftiga på energimarknaden förstärks kopplingen mellan energi- och jordbrukssektorn genom att energisektorn blir en alternativ avsättningsmarknad vid sidan av livsmedelssektorn. Det uppstår därigenom konkurrens mellan energi- och livsmedelssektorn om jordbrukets produktionsmedel, framför allt jordbruksmark och vatten. Diskussionen i detta kapitel fokuserar på jordbruksmark som begränsad resurs, men lokalt eller regionalt kan det ofta vara tillgången på vatten som utgör den ytterst begränsande faktorn (se tidigare kapitel).

På gårdsnivå yttrar sig markkonkurrensen i det faktum att en ekonomiskt rationell jordbrukare använder sin mark till det som är mest lönsamt, vilket också blir prissättande på marken. Konsekvensen blir att om betalningsviljan för bioråvara ökar leder det till förbättrad lönsamhet för odling av energigrödor. För att livsmedelsgrödor ska förbli ett intressant odlingsalternativ måste priserna på dessa öka. I linje med detta har de senaste årens prisökningar på spannmål och oljeväxter medfört ökade markpriser.

## ***10.2 Markbehov för mat- och foderproduktion***

Genom årens lopp har det tagits fram en rad scenarier som beskriver det framtida markbehovet för mat- och foderproduktion. I den nyligen publicerade rapporten *The Gallagher Review* (RFA, 2008) uppskattas markbehovet för mat- och foderproduktion öka med 200-500 Mha fram till 2020. En del andra studier visar emellertid på att även en motsatt utveckling kan vara realistisk. Exempelvis uppskattar Waggoner och Ausubel (2001) att 200 Mha åkermark skulle kunna frigöras inom en femtioårsperiod. Avgörande för resultaten i olika scenariestudier är antagandena om *befolkningsutveckling, diet och produktivitet*. Det är framför allt antagandena för de två senare faktorerna som varierar mellan olika studier medan flertalet studier utgår från en befolkningsutveckling i linje med FN:s prognoser. Enligt dessa prognoser kommer befolkningen att fortsätta att växa under de kommande årtiondena men i en avtagande takt. Befolkningen förväntas öka från 6,7 miljarder (2007) till 9,2 miljarder (2050)<sup>92</sup>.

Under de senaste årtiondena har produktionen av olika grödor och kött ökat kraftigt i takt med att befolkningen och välståndet i världen har ökat. Produktionsökningar har åstadkommits genom framför allt högre avkastning (högre skördar per hektar och mer kött i förhållande till mängden djurfoder) och till mindre del genom ökad markanvändning. Typiskt har avkastningen för spannmål

---

<sup>92</sup> FN, 2008

ökat med ca 2 % per år och åkerarealen med bara 0,2 % per år. Ökningen av åkermarken har skett och sker i utvecklingsländerna medan åkerarealen t.o.m. minskat något i industriländerna. Skördeökningarna varierar mycket mellan olika regioner och har framför allt åstadkommit genom användning av förädlad växtmaterial, konstgödsel och bevattning.

Det står klart att de stora regionala skillnaderna i hur skördenivåerna har utvecklats inte kan förklaras utifrån enbart klimatmässiga förhållanden (temperatur, nederbörd etc.) utan också på grund av socioekonomiska faktorer. Av den anledningen borde det finnas stora möjligheter att öka skördarna i framför allt ekonomiskt svaga regioner där jordbruket ofta är underutvecklat. Det främsta exemplet är södra Afrika (Afrika söder om Sahara) där spannmålsskördarna är nästintill oförändrade sedan 1960<sup>93</sup>. Genom utvecklade produktionsmetoder, bättre tillgång på gödsel, anpassade och förädlade grödor, investeringar i bevattning etc. skulle skördarna kunna öka betydligt i denna region, men även i en del mer utvecklade regioner. I exempelvis Europa kan man konstatera att skördarna i flera östeuropeiska länder är omotiverat låga jämfört med de i Västeuropa, d v s här bör potentialen för ökad produktivitet vara stor. Förbättringspotentialen borde vara särskilt stor för renodlade energigrödor eftersom dessa genomgått växtförädling under en relativt kort tid. På längre sikt finns förhoppningar om att användning av bioteknik ska leda till ännu större och snabbare produktionsökningar.

Hur stora skördeökningar som kan åstadkommas i framtiden genom växtförädling och jordbruksutveckling är givetvis osäkert. Man kan emellertid konstatera att den senaste tidens prisökningar kan bidra till framtida skördeökningar genom att de förbättrar lönsamheten för produktionshöjande investeringar. Dessutom har jordbruksutveckling på senare år åter lyfts fram av FN och andra internationella organ som en viktig strategi för att minska fattigdomen, framför allt i Afrika. Naturligtvis bör en sådan intensifiering av jordbruket ske på ett långsiktigt hållbart sätt och vara anpassad efter lokala förhållanden. På flera platser i världen har intensifieringen av jordbruket medfört miljöproblem såsom övergödning av vattendrag och försaltning av marken. Detta har givit upphov till en motsatt trend, ekologisk odling, något som kan dämpa framtida skördeökningar. En ökad areal ekologisk odling utan kemikalier som konstgödsel och bekämpningsmedel innebär lägre skördenivåer (upp till cirka 40% för spannmål) och därmed ökat åkermarksbehov jämfört med konventionell odling. Inom EU är t ex målsättningen att 20% av åkermarken ska utnyttjas för ekologisk odling kring 2020.

---

<sup>93</sup> Världsbanken, 2007

En annan stor osäkerhetsfaktor till hur skördenivåerna kan utvecklas i framtiden, inte minst i många utvecklingsländer, utgörs av klimatet. Klimatförändringarnas effekter på jordbruket förväntas variera kraftigt mellan olika regioner och bero på i vilken grad jordbruket kan anpassa sig vad gäller exempelvis val av gröda<sup>94</sup>. IPCC:s modellering visar att en temperaturhöjning kommer att inverka negativt på skördarna på sydliga breddgrader, inte minst södra Afrika, medan jordbruket på nordliga breddgrader eventuellt gynnas. Osäkerheterna i modellberäkningarna är dock stora varför det är svårt att här dra några mera preciserade och kortfattade slutsatser om hur olika regioner påverkas. För mer information kring klimateffekternas eventuella påverkan på framtidens jord- och skogsproduktion hänvisas till IPCC:s rapport<sup>95</sup>.

Också dieten är av stor betydelse för hur mycket mark som krävs för att föda en person. Markbehovet för en köttrik diet är som regel 2-3 gånger större än för en vegetarisk, näringsriktig diet<sup>96</sup>. Störst är markbehovet för nötkött. Idag används drygt 1/3 av världens åkermark, och omkring 78% av totala jordbruksmarken (åker- och betesmark) för kött- och mjölkproduktion<sup>97</sup>. Människors diet är starkt knuten till deras inkomst, men beror även på kulturella faktorer. Ökade inkomster för låginkomsttagare medför som regel ökat intag av kött- och mejeriprodukter. Därför är det sannolikt att fortsatt ökat välstånd i världen kommer att leda till en ökad konsumtion av kött- och mejeriprodukter.

Ytterligare en viktig aspekt på markbehovet för livsmedelsproduktion är effektiviteten i produktions- och distributionskedjan, från skörd på fältet till tallriken. En grov uppskattning är att endast 50% av det ätbara som produceras på fälten når tallriken<sup>98</sup>. Skillnaderna är givetvis stora mellan olika livsmedel, och var i kedjan förlusterna uppkommer skiljer sig mellan olika länder. I utvecklingsländerna är förlusterna ofta störst i början av kedjan och i industriländerna mot slutet av kedjan.

### ***10.3 Oanvänd mark och restprodukter***

Det finns goda möjligheter att producera ansevärd mängder biodrivmedel utan att komma i konflikt med livsmedelsproduktion eller naturintressen. Ett sätt för att undvika sådan konkurrens är att utnyttja restprodukter som bioråvara. Flera potentialstudier visar att det är möjligt att öka användningen av restprodukter för energiändamål betydligt. I IEA:s (2007) sammanställning av

---

<sup>94</sup> IPCC, 2007

<sup>95</sup> IPCC, 2007

<sup>96</sup> Wolf m.fl., 2003

<sup>97</sup> Steinfeld 2006

potentialuppskattningar uppgår mängden restprodukter i jord- och skogsbruket till 45-220 EJ/år. Flertalet studier visar emellertid samtidigt att odling av energigrödor utgör den klart största produktionspotentialen för bioråvara i såväl Europa<sup>99</sup> som globalt.

Det finns även möjlighet att öka den totala produktionskapaciteten genom att utnyttja sk marginalmark och jordbruksmark i träda. Produktiviteten på dessa typer av mark är emellertid som regel betydligt lägre än den på jordbruksmark som utnyttjas i dag. Vad den totala arealen marginalmark och träda uppgår till är emellertid mycket svårt att uppskatta. En studie från IIASA pekar på att det finns ansenliga arealer odlingsbar (ej beskogad) mark i framför allt södra Afrika och Sydamerika, men att expansionsmöjligheterna i övriga världen är ganska begränsad<sup>100</sup>. En grov uppskattning är att jordbruket skulle kunna expandera med 800-1 200 Mha globalt utan att göra anspråk på skogsmark eller mark med stor biologisk mångfald<sup>101</sup>. Denna uppskattning bör emellertid tolkas med stor försiktighet.

I samband med uppskattningar av arealen oanvänd mark och diskussioner kring markkonkurrens uttrycks det ofta att energigrödor enbart borde odlas på oanvänd mark, så att uppodlad jordbruksmark reserveras för livsmedelsproduktion. Detta är ett mycket teoretiskt resonemang då en sådan markfördelning endast kan garanteras genom omfattande reglering. Ofta utgör emellertid renodlade energigrödor ett bättre odlingsalternativ på marginalmark än vad många livsmedelsgrödor gör. Marginalmark är ofta av sämre kvalitet, och ibland utarmad, vilket gör fleråriga grödor mer lämpliga än ettåriga grödor. Då fleråriga grödor odlas på sådan mark kan de bidra till minskad erosion och förbättrad jordkvalitet och kolinbindning.

Inom EU och USA har lantbrukare länge uppmuntrats till att lägga åkermark i träda för att minska den inhemska överproduktionen av livsmedel. Trädan inom EU uppgick 2006 till 10,8 Mha, vilket motsvarar 11% av åkerarealen<sup>102</sup>. Trädan är något mindre idag (2008) som följd av förbättrad lönsamhet (högre priser på livsmedelsråvaror) och slopad obligatorisk träda sedan hösten 2007. Därutöver uppskattas det finnas 23 Mha oanvänd åkermark i Ryssland, Ukraina och Kazakstan som lades i träda på grund av bristande lönsamhet i samband med Sovjetunionens upplösning. Av denna yta bedöms 11-13 Mha kunna utnyttjas för odling<sup>103</sup>.

---

<sup>98</sup> Lundqvist m.fl., 2008

<sup>99</sup> Ericsson och Nilsson 2006; Berndes, 2003

<sup>100</sup> Fisher et al 2002

<sup>101</sup> RFA 2008

<sup>102</sup> Eurostat, 2008

<sup>103</sup> European Bank for Reconstruction and Development och FAO, 2008



Huruvida marginalmark och träda kommer att tas i produktion beror på lönsamheten. De senaste prisökningarna på livsmedelsråvaror kan i detta avseende bidra till att mer av dessa marker används. Prishöjningarna innebär emellertid också en ökad risk att skogsmark och annan mark med höga naturvärden tas i anspråk. För att undvika uppodling av dessa marker krävs kraftfulla naturskyddslagar och att dessa upprätthålls. Sådana lagar behövs oavsett hur produktionen av biodrivmedel utvecklas.

## SLUTSATSER

- Det finns goda möjligheter att producera ansevära mängder bioråvara samtidigt som livsmedelsförsörjningen tryggas och mark med höga naturvärden lämnas orörd, t ex genom att utnyttja restprodukter från jord- och skogsbruk och expandera odlingsytan på marginalmark och åkermark i träda.
- De senaste årtiondenas produktionsökningar inom jordbruket har åstadkommit genom framför allt högre avkastning, och till mindre del genom ökad markanvändning. Arealen åkermark har t o m minskat i många länder.
- Prisökningarna på livsmedelsråvaror förbättrar lönsamheten för produktionshöjande investeringar inom jordbrukssektorn, inte minst i ekonomiskt svaga regioner, vilket leder till ökad jordbruksproduktion utan att odlingsarealen behöver öka.
- Befolkningsutveckling, diet och produktivitet är avgörande faktorer för hur det framtida markbehovet för produktion av livsmedel kommer att vara.
- Klimatförändringarna kan också få stora effekter på framtida skördenivåer men det finns stora osäkerheter kring hur effekterna blir inom olika regioner.
- När jordbruksgrödor blir konkurrenskraftiga på energimarknaden förstärks kopplingen mellan energi- och jordbrukssektorn genom att energisektorn blir en alternativ avsättningsmarknad vid sidan av livsmedelssektorn.

## 11. Hot eller möjligheter för utvecklingsländer?

Biodrivmedel kan uppfattas som ännu en förbannelse för utvecklingsländerna.<sup>104</sup> Ökad efterfrågan på biodrivmedel bidrar till högre matpriser, även om det inte går att fastställa exakt hur mycket. För många fattiga människor, som lägger halva sin inkomst eller mer på mat, så slår även små prisökningar hårt och dessa människor tvingas äta mindre och sämre ur näringssynpunkt. Men biodrivmedel kan också uppfattas som en välsignelse som rätt hanterad skapar en möjlig väg ut ur fattigdomen.<sup>105</sup> Den viktigaste underliggande orsaken till hunger och undernäring är just fattigdom. Den kanske viktigaste strategin för att bekämpa fattigdomen är utveckling av jordbruket.<sup>106</sup> Detta kräver bland annat rimliga priser och tillgång till marknader för olika jordbruksprodukter, inklusive biodrivmedel. Vi diskuterar nedan olika sätt att betrakta dessa frågor och förslag på hur de kan hanteras.

### 11.1 Effekter av höjda matpriser

Med debatten om biodrivmedel har globaliseringsfrågorna kommit rakt in i våra vardagsrum och på våra köksbord. Det blir allt mer uppenbart för oss att våra val av drivmedel (bensin eller etanol) och mat (biff, kyckling eller ärtsoppa), liksom mycket annan konsumtion, har betydelse för klimatförändringen, världsmarknadspriset på spannmål, och hur mark används någon helt annanstans i världen. Listan över produkter som tar odlingsbar mark i anspråk kan göras lång men några av de faktorer som ligger bakom de stigande matpriserna under senare år är den ökande efterfrågan på animalieprodukter och biodrivmedel (se kapitel 8). Frågan om ökad konsumtion av biodrivmedel leder till ökad hunger och fattigdom kunde alltså lika gärna vara huruvida en ökad konsumtion av kött och mejeriprodukter leder till ökad hunger och fattigdom.

Det är uppenbart att de kortsiktiga effekterna av höjda matpriser innebär försämrade villkor för de fattigaste. Den så kallade tortillakrisen i Mexico är kanske det tydligaste exemplet på detta. Den ökade efterfrågan på majs för etanolproduktion i USA ledde 2006 och 2007 till mer än fördubblade priser på majs vilket resulterade i våldsamma protester bl a från den fattiga stadsbefolkningen i Mexico City. Den största andelen fattiga i världen bor dock på landsbygden där många bönder kan tjäna på högre priser medan marklösa fattiga kan stå som förlorare. Beräkningar visar att på kort sikt så ökar andelen människor under fattigdomsstrecket med delar av procent (i vissa fall enstaka

---

<sup>104</sup> Oxfam, 2008

<sup>105</sup> Kooperation utan gränser, 2008

<sup>106</sup> Världsbanken, 2008

procent) redan vid matprishöjningar på 10 procent.<sup>107</sup> Andra beräkningar visar att efterfrågan på biodrivmedel och högre matpriser ger mycket små effekter på välfärden i fattiga länder.<sup>108</sup>

Effekterna av höjda matpriser ser alltså väldigt olika ut, dels beroende på vilka grupper av människor eller länder det handlar om, dels beroende på om man analyserar effekter på kort sikt eller effekter på längre sikt när det hinner göras anpassningar i jordbruket. Höjda matpriser drabbar fattiga i städerna hårdare än fattiga på landet, och fattiga köpare av mat mer än fattiga producenter av mat. Bland världens utvecklingsländer finns idag flera nettoimportörer av mat. Många av dessa länder, bland annat i södra Afrika skulle inte behöva importera mat om möjligheterna till produktion utnyttjades genom utveckling av jordbruket. Andra länder, bland annat i norra Afrika, förblir sannolikt nettoimportörer på grund av dåliga geografiska förutsättningar för jordbruk. Tydliga vinnare av en expanderande produktion av biodrivmedel och högre matpriser finns framför allt i Sydamerika och de södra delarna av Afrika där det finns stora potentialer för ökad produktion.

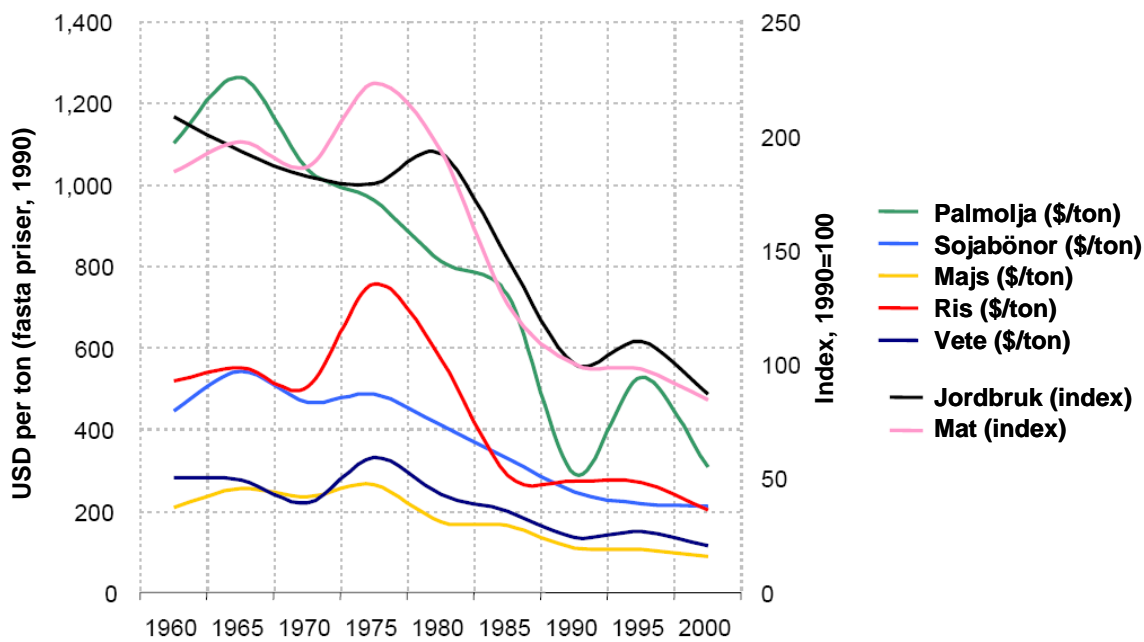
En fråga är vad som kan betraktas som ”rimliga” priser på mat. Jordbruket har under cirka 30 år, fram till 2005, pressats av stadigt sjunkande priser på mat och andra jordbruksprodukter (se figur 11.1). En viktig orsak är teknisk utveckling och intensifiering av produktionen vilket lett till ökat utbud. Eftersom efterfrågan inte ökat i motsvarande grad har priserna fallit. Den neråtgående trenden har förstärkts av den jordbrukspolitik som bedrivits främst i EU och USA. Exempelvis har överskott från USA och Europa sålts med exportstöd vilket pressat världsmarknadspriserna medan priserna på de skyddade hemmamarknaderna har hållits uppe. Andelen utvecklingsbistånd, och de totala nivåerna på biståndet, som går till jordbruk och landsbygdsutveckling har halverats sedan mitten på 1980-talet.<sup>109</sup> Tillsammans med låga världsmarknadspriser har detta inneburit att investeringar i jordbruket har blivit eftersatta. En växande marknad för biodrivmedel skulle kunna medföra en nysatsning på jordbruk och bättre levnadsförhållanden på landsbygden. Högre priser kan leda till investeringar, bättre avkastning i jordbruket och högre inkomster för landsbygdsbefolkningen. Detta leder i sin tur till minskad fattigdom bland de tre fjärdedelar av världens fattiga – 880 miljoner människor – som bor på landet. Liksom för andra jordbruksprodukter adderas mycket av förädlingsvärdet när råvaran processas. Därför kan etableringen av en ny industri för förädling av råvaran lokalt dessutom skapa många viktiga nya arbetstillfällen.

---

<sup>107</sup> Ivanic M., och Martin W., 2008

<sup>108</sup> Wiggins m fl, 2008

<sup>109</sup> Världsbanken, 200



**Figur 11.1** Prisutvecklingen för vissa livsmedel 1960-2000 (Källa: J. Schmidhuber, FAO)

## 11.2 Effekter av dagens politik

Den överväldigande majoriteten av jordbrukare i utvecklingsländerna är småbönder – 85 procent av dem har jordbruk som är mindre än 2 hektar.<sup>110</sup> Frågan är hur dessa småbönder kan dra nytta av en växande produktion av biodrivmedel. Produktionen av vissa biodrivmedel, såsom etanol från sockerrör, är storskalig. Att föra samman stora investeringar i etanolfabriker med produktion av sockerrör i småskaliga jordbruk på en fattig landsbygd innebär naturligtvis flera utmaningar med krav på infrastruktur, rimliga kontraktsvillkor, fördelning av markrättigheter, finansieringslösningar, logistik, etc. I delar av Brasilien har också småbönder fått tillgång till marknaden för sockerrör till etanolproduktion genom att bilda jordbrukskooperativ. Även utan tillgång till marknaden för råvara till biodrivmedel kan småbönder gynnas av högre priser på övriga jordbruksprodukter.

Biodrivmedel och bioenergi handlar inte bara om storskalig produktion för export på världsmarknaden. Det är också en fråga om småskalig produktion av bränslen såsom biodiesel och biogas för lokala marknader och för användning även utanför transportsektorn. Här är syftet att stödja energi för hållbar utveckling med andra tekniska lösningar, ibland baserade på andra energigrödor. Även etanol kan produceras i mindre skala och användas lokalt exempelvis som bränsle för matlagning. Denna typ av lösningar är en viktig del i många länders strategier för

utveckling av landsbygden, energisystemet, och minskat beroende av importerad olja. Höga priser på olja, diesel och bensin är ett stort problem som kraftigt förvärrar underskotten i bytesbalansen för många fattiga länder, exempelvis Moçambique (se Avsnitt 11.3).

Man kan invända mot jämförelsen av köttkonsumtion och biodrivmedel som prisdrivande på stapelvaror eftersom efterfrågan på biodrivmedel i större utsträckning är skapad genom olika styrmedel. Dessa styrmedel motiveras av klimat- och säkerhetspolitiska argument.<sup>111</sup> En viktig fråga blir då om legitima målsättningar på dessa politikområden bör stå tillbaka på grund av oönskade fördelningseffekter av högre matpriser eller om det är så att fördelningspolitik och stöd till ekonomisk utveckling är lämpligare verktyg för att nå olika utvecklingsmål. Kanske är denna fråga redan överspelad eftersom oljepriser redan på nivån \$25-30 per fat gör etanolproduktion lönsam i många länder. Med oljepriser på \$100-150 per fat vill naturligtvis många fler länder utveckla alternativ till oljan, oavsett vad vi väljer att göra i Sverige eller Europa. I det perspektivet bör vi behålla vårt engagemang i utvecklingen av biodrivmedel och försöka medverka till att det sker på ett miljömässigt och socialt uthålligt sätt.

Mycket av debatten om biodrivmedel och vilka problem eller möjligheter det skapar i utvecklingsländer förs utan att röster från den delen av världen kommer till tals. Ett undantag är en rapport från organisationen Kooperation utan gränser.<sup>112</sup> Här förmedlas flera afrikanska röster som framhåller möjligheterna med biodrivmedel som en väg ut ur fattigdomen, dock med förbehållet att det krävs mekanismer för att produktionen ska ske på ett socialt och ekologiskt uthålligt sätt. I grunden betraktas högre priser på energigrödor och livsmedel som något positivt och man ser stora möjligheter att öka produktionen genom bättre odlingsmetoder och utökade arealer. Man understryker också vikten av politik och regelverk som hjälper småbönderna och som innebär att man lokalt får del i exempelvis den teknikutveckling och de vinster som marknadsutvecklingen kan innebära.

Utvecklingsländerna har komparativa fördelar för produktion av biodrivmedel liksom för produktion av många livsmedel. Genom ett varmare klimat kan man i Brasilien och andra länder producera etanol med betydligt bättre energiutbyte och lägre kostnader än i Europa. I många fall har dessa länder inte kunna dra nytta av dessa fördelar på grund av olika regler och tullar som skyddar marknaderna i den rika delen av världen. Högre livsmedelspriser borde göra det lättare att minska på subventionerna och gränsskydden för jordbruket i västvärlden. Trots detta så kvarstår hinder för

---

<sup>110</sup> Världsbanken, 2008

<sup>111</sup> Di Lucia L. and Nilsson L.J., 2007

<sup>112</sup> Kooperation utan gränser, 2008

handel med biodrivmedel genom importtullar på etanol och genom de stödsystem som tillämpas i USA och Europa.

Sammanfattningsvis finns det både möjligheter och risker med den ökande efterfrågan på biodrivmedel. Även om det är osäkert hur mycket livsmedelspriserna påverkas på längre sikt när anpassningar och moderniseringar gjorts i jordbruksproduktionen så pekar mycket på högre priser i framtiden, detta efter tre decennier av sjunkande priser. Högre priser har fördelningseffekter som är bekymmersamma men som inte kan skyllas enbart på efterfrågan på biodrivmedel. Även i frånvaron av en efterfrågan på biodrivmedel så finns det stora problem med fattigdom och undernäring som motiverar åtgärder för att hjälpa de mest nödställda. Detta kan vara allt ifrån gratis skolmat till utbyggnad av socialförsäkringssystem. Samtidigt erbjuder marknaden för biodrivmedel och högre livsmedelspriser en stor möjlighet för nysatsningar inom jordbruket och landsbygdsutveckling i fattiga länder. En positiv utveckling ställer dock höga krav på en politik som leder oss i rätt riktning, både i västvärlden och i utvecklingsländerna. I västvärlden behövs en anpassad biståndspolitik som i högre grad än tidigare fokuserar på jordbruket men också i form av hur vår handels- och energipolitik utformas så att möjligheterna som finns inte undermineras av en protektionistisk hållning i den utvecklade delen av världen. Utvecklingsländerna behöver utveckla en egen politik för att stödja det inhemska jordbrukets utveckling.

### ***11.3 Fallstudie Mozambique***

I februari 2008 skakades Mozambique, ett av världens fattigaste länder, av våldsamma upplopp i huvudstaden Maputo. Upproret, som sedan spreds till andra städer orsakades av de skarpa prishöjningarna på bröd, ris, bensin och inte minst på biljetter till de lokala minibussarna (s k chapas). Händelserna satte ljuset på två centrala frågor för Mozambique: landets mat- respektive oljeförsörjning. Mozambique är helt beroende av oljeimport för den lilla men snabbt växande transportsektorn. Medborgarna, liksom landets handelsbalans, har drabbats hårt av mer än fördubblade priser på bensin och olja.

I ett försök att upprepa Brasiliens framgångsrika etanolprogram, som inleddes på 1970-talet för att minska oljeimporten och utveckla jordbruket, så inrättade Mozambiques regering under 2005 en kommission för biodrivmedel. Den föreslagna strategin är att ställa krav på användning av etanol och biodiesel motsvarande 10 % och 5 % av bensin- respektive dieselförbrukningen. Detta skall uppnås uteslutande med inhemsk produktion vilket därigenom skapar arbetstillfällen och utveckling på landsbygden. Landsbygdsutveckling är sedan länge högsta prioritet i den nationella strategin för

fattigdomsbekämpning mot bakgrund av att 80 % av befolkningen är sysselsatt i jordbruket och mer än 50 % av befolkningen lever i absolut fattigdom. Det finns gott om jordbruksmark i Mozambique. Idag brukas endast 5 Mha av totalt 36 Mha lämplig mark. Låga avkastningsnivåer och ett outvecklat jordbruk innebär att jordbruksproduktionen inte räcker för att föda landet idag.

Mozambiques regering har antagit utmaningen att utveckla ett program för biodrivmedel som skall lindra de negativa effekterna av eventuellt högre matpriser för den fattiga befolkningen i städerna och undvika negativ miljöpåverkan. Samtidigt som programmet skall skapa nya arbeten och inkomster så skall det förbättra landets handelsbalans. Detta gemensamt skall lindra effekterna av högre priser på mat och bränsle, där dessa priser är något som till stor del ligger utanför regeringens kontroll.



## *SLUTSATSER*

- Det finns både möjligheter och risker för utvecklingsländer med den ökande efterfrågan på biodrivmedel.
- Effekterna av höjda matpriser ser väldigt olika ut beroende på vilka grupper av människor som avses, t ex fattiga i städer eller fattiga jordbrukare på landsbygden, vilka länder det handlar om, t ex nettoexportörer eller nettoimportörer av livsmedel, samt om man tittar på kort sikt eller längre sikt när anpassningar i jordbruket har hunnit ske.
- Högre livsmedelspriser har fördelningseffekter som är bekymmersamma men som är ett generellt problem. Svält och undernäring beror inte på brist på mat idag utan i första hand på fattigdom.
- Biodrivmedel har satt globaliseringsfrågorna i fokus men det finns väldigt många andra produkter som också tar odlingsbar mark i anspråk, d v s dessa frågor är lika relevanta för all vår konsumtion.
- Med nya marknader för biodrivmedel och högre priser på jordbruksprodukter ökar möjligheterna för fattigdomsbekämpning genom nysatsningar inom jordbruket och landsbygdsutveckling i många fattiga länder, framför allt i södra Afrika och i Sydamerika.
- En positiv utveckling ställer dock höga krav på en politik som leder oss i rätt riktning, både i västvärlden och i utvecklingsländerna.

## 12. Leder dagens politik och olika styrmedel rätt?

Expansionen av biodrivmedel väcker en rad frågor om miljömässiga och sociala effekter. Det är viktigt att analysera vilka regelverk och policies som för närvarande är styrande för utvecklingen och att kritiskt utvärdera olika möjligheter och pågående initiativ.

För bara något år sedan sågs biodrivmedel som lösningen på en rad problem förknippade med energiförsörjning, miljö och utveckling. De har sedan kommit att bli starkt ifrågasatta. Det råder bred enighet om att hållbarhetskriterier behöver utvecklas och tillämpas för att säkra en utveckling som är miljömässigt, socialt och ekonomiskt hållbar. För att uppnå detta är det bland annat nödvändigt att kunna följa och särskilja hur biodrivmedel producerats.

### 12.1 Strategier för hållbara biodrivmedel

Grundläggande frågor som diskuteras är om det är möjligt att försäkra sig om hållbar produktion i alla aspekter och hur det i så fall kan göras. Ett problem är att hållbara biodrivmedel inte har annorlunda fysiska eller kemiska egenskaper än ohållbara biodrivmedel. Ett system behövs för att säkerställa hållbarhet men hur kan det uppnås i praktiken? Krav på hållbarhet kan införas på olika sätt, antingen genom offentliga eller privata initiativ, de kan vara frivilliga eller obligatoriska och det kan ske med olika grader av medverkan av olika intressenter.

Frivilliga åtaganden från näringslivet är ett sätt som nästan kan liknas vid andra affärsstrategier såsom reklam. Efter kontroll internt, eller av tredje part, används information om produkten gentemot kunder och samhället i stort. Detta kan fungera så länge som intäkterna av detta bedöms vara större än kostnaderna<sup>113</sup>. Rapportering av hållbarhetsaspekter kan vara självpåtaget eller ett samhällskrav.<sup>114</sup> Själva rapporteringen innebär dock inte att det ställs krav på produktionen av biodrivmedel, bara att det finns information för kunder och myndigheter.

Det mesta av intresset från offentliga och privata aktörer riktas dock mot certifiering av biodrivmedel.<sup>115</sup> En certifiering utgör en skriftlig försäkran att produkten i fråga besitter ett antal förbestämda egenskaper enligt en standard. Standarden utgör själva specifikationen. En standard

---

<sup>113</sup> Greenergy is a fuel distributor that since 2008 provides information about each consignment of biofuels it supplies to the UK market ([www.greenergy.com](http://www.greenergy.com)).

<sup>114</sup> The national government in the UK and in the Netherlands has worked to introduce a reporting obligation on fuel suppliers.

<sup>115</sup> An EU wide certification scheme is currently negotiated by member states and EU institutions. Private certification initiatives are led by non-profit organisations – ‘roundtables’, and also private companies like Sekab in Sweden ([www.sekab.com](http://www.sekab.com)).

kan upprättas av olika aktörer på marknaden men certifieringen görs alltid av en oberoende part. En viktig del av certifieringsprocessen är hur man verifierar efterlevnaden av överenskommen standard.

Det mest trovärdiga och tillförlitliga sättet att verifiera, men också det dyraste, är att fysiskt särskilja produkten från andra hela vägen från produktion till slutlig försäljning. Andra system har ekonomiska och logistiska fördelar genom att de tillåter blandning av certifierade och ocertifierade biodrivmedel så länge man håller reda på volymerna. Man kan också helt separera den fysiska handeln från handel med hållbarhetscertifikat. Valet av system för verifiering har effekter på kostnader och hur de fördelar sig, samt för tillgängligheten och trovärdigheten för systemet.

## ***12.2 Pågående initiativ för hållbara biodrivmedel***

Mycket arbete har redan lagts ner på att utveckla system som kan säkerställa uthållig produktion av biodrivmedel. En del har tillkommit på initiativ av regeringar, men även miljöorganisationer och kombinationer av offentliga och privata aktörer ligger bakom detta. Det finns multilaterala, regionala, bilaterala och unilaterala initiativ och förhandlingar. Utvecklingen sker mycket snabbt vilket gör det svårt att ge en överblick.

EU:s drivmedelspolitik förhandlas i skrivande stund. I förslaget till ”Direktiv för förnybara energikällor” finns ett antal krav på drivmedel som måste uppfyllas för att de skall få räknas av mot målet:

- minst 35% lägre utsläpp av växthusgaser jämfört med fossila drivmedel
- ingen omvandling av våtmarker eller skog för biodrivmedelsproduktion är tillåten
- råvara får inte tas från naturskogar, gräsmarker med hög biodiversitet, eller naturskyddsområden

EU:s intiativ är viktigt av olika skäl. För det första blir efterlevnad av detta obligatoriskt i alla medlemsländer så att endast certifierade biodrivmedel kan få stöd från staten. För det andra så kommer nationella myndigheter inte tillåtas att införa annorlunda eller strängare krav. Slutligen kommer det att stödja utvecklingen av andra system för hållbarhetskriterier genom en EU-gemensam process för ackreditering.

För närvarande diskuteras förslaget i Europaparlamentet och i Ministerrådet. Frågan är viktig och högt prioriterad men det har kommit förslag från Parlamentet att målet för biodrivmedel som andel av transportbränslena bör sättas lägre än de 10% som föreslagits av kommissionen för 2020.

Ministerrådet förefaller stödja förslaget om 10% med villkoret att alla biodrivmedel skall klara kravet om 35% lägre utsläpp av växthusgaser tills 2015 och med 50% lägre utsläpp till 2017. Direktivförslaget kan alltså komma att gå igenom många förändringar innan det blir antaget. Frågor har också rests om oförmågan att hantera effekter på markanvändning, matsäkerhet och livsmedelspriser, samt sociala förhållanden.

Utvecklingen av EU:s ramverk sker parallellt med det arbete som görs av ett antal proaktiva länder såsom Nederländerna, Storbritannien och Tyskland. Principer, kriterier och standarder för biodrivmedel och biobränslen har formulerats och integreras nu i olika styrmedel och stödsystem. Resultatet är hittills ganska enkla rapporteringskrav trots stora ansträngningar att utveckla ganska heltäckande krav på miljömässig, social och ekonomisk hållbarhet. Dessa rapporteringskrav kritiseras ofta för att de fokuserar på enskilda aspekter, för att de inte säkerställer några minimikrav, och för att de inte premierar de som gör förbättringar.

Företag, fackföreningar, miljöorganisationer, handlare, distributörer och bönder ingår bland dem som är inblandade i utvecklingen av frivilliga certifieringar. Roundtable on Sustainable Palm Oil (RSPO) och Better Sugar Cane Initiative är exempel på sådana samarbeten. Förutom RSPO som nu går in i en försöksfas så har inget av dessa frivilliga certifieringar sjösatts ännu och det är för tidigt att värdera genomförbarheten. Dessa initiativ har fått erkännande för att de täcker en bredd av miljömässiga och sociala aspekter men de har också kritiserats för begränsad medverkan av svaga intressenter och därmed låg trovärdighet, samt frånvaron av kalkyler för utsläpp av växthusgaser. Något som heter Roundtable on Sustainable Biofuels (RSB) kanske utgör ett undantag genom sitt breda deltagande och sin höga trovärdighet.

Antalet näringslivsledda initiativ ökar också och omfattar allt ifrån frivilliga åtaganden (såsom Greenergy) till certifieringar för specifika ändamål (såsom Sekab). Som redan noterats så ifrågasätts ofta trovärdigheten och effektiviteten i dessa system trots bredden av hållbarhetsaspekter som är inkluderade. Frivilliga åtaganden är ofta de minst trovärdiga och effektiva för att säkerställa hållbarhet. Certifieringar förefaller utgöra ett lämpligt första steg även om många viktiga frågor återstår. Inte minst är den begränsade medverkan av olika svaga intressenter bland lokalbefolkningar i framtagningen av standarder en viktig fråga som påverkar trovärdigheten.

I debatten medverkar också flera internationella organisationer såsom OECD, FAO, IMF, Världsbanken, IEA, m fl. Vissa av dessa organisationer har blivit allt mer kritiska mot biodrivmedel. FAO har uppmärksammat frågan om matsäkerhet för fattiga länder. OECD har pekat

på negativa effekter av intensivare jordbruk. Världsbanken å andra sidan har lyft fram möjligheterna till landsbygdsutveckling och fattigdomsbekämpning.

Ställningstaganden från miljöorganisationer har också utvecklats mot en mer kritisk hållning i frågan. Biodrivmedel sågs av många som något mycket positivt för bara två år sedan. Idag är flera uttalat mycket skeptiska med argumentet att riskerna är oacceptabla och att det inte går att på ett meningsfullt sätt säkerställa hållbar produktion. Några av dem har krävt ett moratorium för stöd till biodrivmedel<sup>116</sup>. Andra såsom WWF, Birdlife och WCU är något mindre kritiska och ser delvis biodrivmedel som en möjlighet förutsatt att krav på miljöhänsyn och social utveckling respekteras. Organisationer såsom Kooperation utan Gränser går längre i att understryka att biodrivmedelsproduktion skapar viktiga möjligheter till utveckling av jordbruk och landsbygd i fattiga länder.

### ***12.3 Viktiga återstående frågor***

Det finns ett antal viktiga frågor som återstår att lösa vid utarbetandet av system för certifiering av biodrivmedel. Några av de viktigaste diskuteras nedan.

#### ***Kostnader och tillgänglighet***

Kostnader för certifiering och deras fördelning påverkar hur nyttan fördelas mellan olika aktörer i värdekedjan. Höga certifieringskostnader kan innebära att endast stora producenter får tillgång till värdekedjan. För att biodrivmedel skall bidra på ett positivt sätt till utveckling och fattigdomsbekämpning på landsbygden bör också småbönders medverkan underlättas. För att uppnå detta behöver nuvarande certifieringsinitiativ ägna denna fråga mer uppmärksamhet. Samgående i kooperativ eller enklare regler och krav för småbönder är möjliga vägar framåt.

#### ***Regler för internationell handel***

Handelsbegränsningar, inklusive certifieringar eller andra sätt att diskriminera mellan produkter, kan innebära att man bryter mot ingångna handelsavtal. Diskussioner om huruvida certifieringar är i överensstämmelse med WTO-regler fokuserar i första hand på hur certifieringarna är utformade. Frivilliga upplägg är i allmänhet tillåtna eftersom eventuella för- och nackdelar är resultatet av frivilliga val hos konsumenter. Obligatoriska system som diskriminerar mellan lika produkter (i detta fall är förmodligen hållbara och ohållbara drivmedel att betrakta som lika) kan betraktas som

---

<sup>116</sup> The moratorium call can be viewed <http://www.econexus.info/biofuels.html>.

otillåtna handelshinder. Å andra sidan ger WTO-reglerna utrymme för att diskriminera till förmån för politiska mål såsom miljöskydd. En uppfattning är därför att system med objektiva mätbara standarder med syfte att skydda klimat eller biologisk mångfald kan tillåtas. Krav på social utveckling och att ingen konkurrens med produktion av mat uppstår är sannolikt inte tillåtna under nuvarande WTO-regler. Alla försök att införa krav på arbetsförhållanden, barnarbete eller andra sociala aspekter i handel har hittills mött mycket hårt motstånd. Ytterst uppstår frågan naturligtvis om fri handel skall betraktas som viktigare än skyddet av social välfärd och rätten till mat.

### *Omfördelningar*

Ökad efterfrågan på biodrivmedel förväntas leda till förändrad markanvändning. Det finns en ökande oro för effekterna av detta på exempelvis biologisk mångfald, lager av markkol, matproduktion, samt markbördighet och vattenkvalitet. Det kan uppstå stora effekter genom samspelet mellan marknader för mat, foder, bränsle och fiber. Drivmedelsproduktion kan tränga undan matproduktion som i sin tur kan tränga undan betesmark som i sin tur kan tränga undan regnskog. Denna typ av indirekta effekter är svåra att kvantifiera och hantera i system som fokuserar på en enskild vara såsom biodrivmedel. Idealt skulle hållbarhetskriterier tillämpas på all produktion, inklusive produktion av fossila bränslen. I frånvaron av detta görs försök att utveckla metoder för att hantera dessa så kallade indirekta effekter. Certifieringar är dock ett dåligt verktyg för att bevaka och kontrollera effekter på markanvändning.

### *Rättvisa*

Ett aktivt deltagande av civilsamhället i västvärlden och producenter i utvecklingsländer påstås ofta vara en förutsättning för utvecklingen av system med hållbarhetskriterier. Att uppnå detta är dock en utmaning och det brister ofta i tillämpningen av denna princip och inte minst inom området biodrivmedel. Pågående initiativ är i stor utsträckning eurocentriska och uppmuntrar inte till aktivt deltagande av utvecklingsländer. Bönder i hela världen verkar under mycket olika förhållanden med avseende på klimat, markförhållanden, infrastruktur och ekonomisk situation. Trots detta syftar utvecklingen av certifieringar och standarder till något som är generellt tillämpbart globalt. Man kan hävda att industriländernas efterfrågan på biodrivmedel med hållbarhetskrav skapar en premium marknad för biodrivmedel och de därför har rätt att ställa sådana specifika krav. Detta bör dock inte hindra oss från att ställa frågan om huruvida unilaterala åtgärder är det bästa sättet att främja en hållbar utveckling. Problem kring certifiering och hållbarhetskriterier kan lätt uppstå i många

utvecklingsländer, inte minst i Afrika, där de flesta länder saknar starka institutioner, d v s dessa länder missgynnas av komplicerade regelverk.

Sammanfattningsvis bedöms principen om certifiering som det mest lämpliga instrumentet i dagsläget för utvecklingen av hållbara biodrivmedel. Certifieringssystem kan väsentligen bidra till sektorns hållbarhet, miljöprestanda och trovärdighet, men certifiering har också sina brister och kan inte garantera att alla hållbarhetskriterier uppfylls. Arbetet med, och implementering av certifieringssystem är dock en viktig bit på vägen mot hållbara biodrivmedel. För att bli trovärdiga måste certifieringar kunna verifieras av en oberoende part, ha bindande krav, tillämpas lika mellan inhemska och utländska aktörer och styra så att också små producenter involveras, framför allt när landsbygdsutveckling och fattigdomsbekämpning är viktiga målsättningar.

Till sist återstår dock två typer av problem med bindande certifieringssystem, dels (i) praktiska (efterlevnadskontroll och internationella handelsregler), dels (ii) effektivitet (indirekta effekter, eller ”undanträngningseffekter”). Utmaningen ligger i att utveckla mekanismer som främjar biodrivmedel men som samtidigt inte medför negativa effekter genom förändrad markanvändning och som innefattar sociala skyddssystem på nationell nivå som säkerställer att utsatta människor inte drabbas ännu hårdare av ökade mat- och energipriser osv. Arbetet pågår och framtagna förslag inkluderar övervakning i samarbete med lokala myndigheter för att undvika oönskade undanträngningseffekter och där lokala initiativ stöds för att utveckla program för markplanering och dylikt. På nationell politisk nivå krävs lagstiftning, och framför allt efterlevnad av denna, när det gäller arbetsmiljöförhållanden och barnarbete. På internationell politisk nivå är bilaterala och multilaterala överenskommelser mellan producerande och importerande länder både önskvärda och nödvändiga verktyg för att förbättra samarbete och därigenom efterlevnad samt för att minska risken för orättvis handel.

## *SLUTSATSER*

- Hållbarhetsaspekter dominerar dagens biodrivmedelsdebatt och avgörande för en fortsatt expansion är hur sektorn kan uppfylla de krav som ställs.
- Certifiering är ett viktigt verktyg som håller på att utvecklas av många aktörer på olika nivåer, framför allt utifrån ett eurocentriskt perspektiv, men detta verktyg kan ändå inte garantera att alla olika hållbarhetskriterier uppfylls.
- Begränsningar och problem med certifiering innefattar framför allt hanteringen av sociala och arbetsmiljömässiga aspekter samt indirekta effekter av förändrad markanvändning. Dessutom saknar många utvecklingsländer starka institutioner och kan därför missgynnas av komplicerade regelverk.
- Certifieringssystem behöver därför kompletteras med andra verktyg som skärpt nationell lagstiftning och efterlevnadskontroll samt politiska bilaterala och multilaterala överenskommelser och avtal.
- Vi har idag en möjlighet att implementera hållbarhetskriterier för biodrivmedel på global nivå som vi bör ta tillvara. Även utan dessa hållbarhetskriterier kommer produktionen av biodrivmedel att öka i framför allt i utvecklingsländerna, med risk för att mindre hållbara system utvecklas.



### 13. Vilka slutsatser och rekommendationer kan vi då dra?

Begreppet ”hållbarhet” innefattar en mängd olika aspekter (kriterier) i sin bredaste definition vilket gör det svårt att generellt fastställa huruvida olika drivmedelssystem är hållbara eller inte. För att beskriva drivmedelssystemens hållbarhet krävs att systemen definieras utifrån ett antal olika aspekter och faktorer. När det gäller kriterier som t ex energibalans och areaeffektivitet är det möjligt att bedöma dessa, medan det för andra kriterier som indirekta effekter på biologisk mångfald och markkonkurrens är betydligt svårare - resultaten blir här beroende av den totala produktionsvolymen (skalan) men också av tillväxttakten. Med andra ord, man kan inte fastställa om biodrivmedel är hållbara eller inte utan att samtidigt beakta *skala* och *tillväxttakt*.

I Tabell 13.1 jämförs de olika drivmedelssystemen ur hållbarhetssynpunkt i matrisform baserat på de slutsatser som dras i respektive kapitel i denna rapport. Matrisen är inte fullständig utan visar de viktigaste aspekterna och hur man kan jämföra drivmedelssystem på ett systematiskt sätt. Dessutom beskrivs hur certifiering kan hjälpa till att uppfylla respektive hållbarhetskriterium. I matrisen görs en relativ jämförelse mellan drivmedelssystem i förhållande till bensin och diesel. För vissa kriterier är dock inte denna referens relevant utan då används svensk spannmålsbaserad etanol som referens.

När det gäller *energibalans* är denna normalt högst för elfordon och 2:a generationens drivmedel, följt av sockerrörsetanol och biogas baserat på restprodukter. Energibalansen är också bra för spannmålsetanol och RME när deras respektive biprodukter används på ett optimalt sätt, vilket de görs i Sverige idag (framför allt som proteinfoder). *Areaeffektivitet* uttryckt som bruttoutbytet av biodrivmedel per hektar odlingsmark är ett relevant kriterium när produktiv mark används för biodrivmedelsproduktion. Om däremot t ex restprodukter från skogs- och jordbruk används för 2:a generationens drivmedel respektive biogas, eller när marginalmark börjar odlas, är areaeffektivitet inte relevant. Elfordon som utnyttjar energiskogsbaserad el via kraftvärme har högst areaeffektivitet, följt av sockerrörsetanol, 2:a generationens drivmedel via förgasning av energiskog samt biogas från högavkastande grödor. Därefter kommer etanol och till sist RME. Areaeffektivitet fokuserar i detta fall enbart på drivmedelsutbytet och inte på andra biprodukter som genereras. Såväl energibalans som areaeffektivitet kan inkluderas i certifieringssystem men då krävs att systemens utformning preciseras så att relevanta beräkningsmetoder kan användas.

**Tabell 13.1.** Sammanfattande jämförelser mellan olika drivmedelssystem utifrån hur dessa uppfyller olika hållbarhetskriterier.<sup>1</sup>

Kriterier (Referens-system)	Drivmedelssystem							Hjälper certifiering?
	<i>Etanol - spannmål</i>	<i>Etanol-sockerrör</i>	<i>Biodiesel - oljev växter</i>	<i>Biogas</i>	<i>Etanol – ligno-cellulosa</i>	<i>Biodrivm – förgasn. – lignocellul.</i>	<i>Elfordon</i>	
Energibalans (Spm.etanol = 0)	0 biprod. används optimalt	+	0 biprod. används optimalt	+ rest-produkter	+ kombinat	++	+++ effektiv el-prod.	Ja (men tydlig systembeskrivning krävs, t ex hur biprodukter används)
	- i annat fall	0 pump-bevattning krävs	- i annat fall	0/+ grödor				
Areaeffektivitet (Spm.etanol = 0)	0	+	- raps	0/+ grödor	0/+ energiskog	+	++ bio-kraftvärme	Ja (när grödor på produktiv åker- och skogsmark utnyttjas)
			+ oljepalm				Areaeffektivitet är inte relevant när restprodukter från jord- och skogsbruk utnyttjas & marginalmark odlas	
Klimatnytta (Bensin / diesel = 0)	+ biprod. används optimalt	++	+ biprod. används optimalt	+++ gödsel	++ kombinat	++	++ bio-kraftvärme	Ja (men tydlig systembeskrivning krävs, från odling till tank)  Nej - inte för indirekta effekter via s k undanträngning som leder till förändrad markanvändning
	0 kol i anläggning		0 höga lustgasutsläpp	++ restprod.	+++ odling på marginalmark	+++ odling på marginalmark	0/ fossil el	
	- odling på kolrik mark		- odling på kolrik mark	+ grödor				
Lufföroren.-fordon (Ben / die=0)	+	+	0/+	++	+	+ / ++ (gas)	+++	Ja
Biologisk mångfald & vatten (Spm. etanol = 0)	0	0	0	+ fleråriga grödor	+	+	0 bef. markanvändning	Ja - direkta effekter  Nej - indirekta effekter via undanträngning
		- bevattning			energiskog	energiskog		
Behov tekn. utveckling (Ben / die = 0)	-	0/-	-	--	---	---	--	Ej relevant
Behov av ekonomiskt stöd (Ben / die = 0)	- idag	0 idag	- idag	- idag	-- idag	-- idag	-- idag	Ej relevant
	0 10-20 år	+	0 10-20 år	0/+ 10-20 år	+	+	+	
Ekon. effekter U-länder (Ben / die = 0)	- / 0 / +	0 / +	- / 0	+	0 / +	0 / +	0	Ja, delvis
Sociale effekter U-länder (Ben / die = 0)	Dessa styrs av generell nationell lagstiftning och efterlevnad							Nej (konflikt med bl a int. handelsregler)

<sup>1</sup> Noll (0) indikerar ingen/marginell effekt jämfört med referens (se vänstra kolumnen), plus (+) positiv effekt samt minus (-) negativ effekt. Ju större positiv/negativ effekt, ju fler (+) respektive (-) (upp till +++ respektive ---).

När det gäller *klimatnyttan* är denna stor för fordon som utnyttjar bibränslebaserad el, 2:a generationens drivmedel samt sockerrörsetanol (jämfört med bensin och diesel). Speciellt stor klimatnytta fås för biogasfordon som använder biogas från restprodukter som gödsel, och för 2:a generationens drivmedel när dessa baseras på skogsråvara som börjar produceras på marginalmark med lågt kolinnehåll. Spannmålsetanol och RME ger också stor klimatnytta tack vare att deras biprodukter används klimateffektivt, som proteinfoder som ersätter importerat sojaprotein vilket leder till stora indirekta klimatvinster. I dessa fall påverkar således produktionsvolymerna klimatnyttan eftersom proteinfodermarknaden så småningom blir mättad, men dagens inhemska etanol- och RME-produktion kan fortfarande flerdubblas innan detta inträffar. Därefter kan nya systemlösningar utvecklas, t ex kombinat med biogasproduktion, med bra klimatprestanda. Om odling av spannmål och oljeväxter börjar ske på kolrika marker, t ex torvmarker som idag utnyttjas som betesmark, går klimatnyttan med etanol och RME förlorad p g a stora koldioxidutsläpp från åkermarken. Samma sak gäller för elbilar som utnyttjar kolbaserad el.

Alla dessa aspekter kring klimatnytta kan inkluderas och ställas krav på i certifieringssystem, men det måste finnas en flexibilitet i certifieringssystemen som möjliggör att man tar hänsyn till olika systems utformning. På detta sätt kan certifieringssystem bli en drivkraft för att biodrivmedelssystem hela tiden utvecklas och förbättras ur klimatsynpunkt. Om däremot certifieringssystem blir för generella och trubbiga och inte tar hänsyn till lokala och regionala variationer kan i värsta fall certifiering cementera dagens halvbra biodrivmedelssystem i Europa och på andra platser i världen och motverka en utveckling för att förbättra dessa system. En viktig aspekt som också kräver fortsatt analys är hur lustgasutsläpp från odlingsmark ska beaktas i certifieringssystem, då stora osäkerheter finns kring dessa utsläpp.

Som diskuteras ovan bedöms det vara möjligt att inkludera direkta effekter på markanvändning i certifieringssystem. Däremot är det mycket svårt, eller omöjligt, att inkludera indirekta effekter på markanvändning som leder till förändrade kolflöden via så kallade undanträngningseffekter. En indirekt förändrad markanvändning, t ex nyodling av åkermark, kan bero på all typ av odling (matproduktion, foderproduktion osv) och dessa effekter måste hanteras med andra åtgärder och verktyg som t ex nationella planer och program för hållbar markanvändning samt efterlevnad av dessa regleringar. Samma sak gäller indirekta effekter på biologisk mångfald via undanträngningseffekter. Indirekta effekter på markanvändning är således starkt kopplade till vilka produktionsvolymerna av mat, foder, skogsråvara, biodrivmedel o s v som blir aktuella i framtiden.

Direkta effekter på *biologisk mångfald* och utnyttjandet av *vattenresurser* vid biodrivmedelsproduktion bör kunna inkluderas i certifieringssystem. En ökad odling av fleråriga

grödor för t ex produktion av biogas och 2:a generationens biodrivmedel kan ge en viss positiv effekt på den biologiska mångfalden i jordbrukslandskapet, när dessa ersätter ettåriga energigrödor. Utnyttjandet av restprodukter från skogsbruket bedöms ge en marginell effekt på den biologiska mångfalden när detta görs med anpassade metoder (inklusive askåterföring). En viss osäkerhet finns när det gäller skörd av stubbar i vissa skogsmiljöer vilket behöver utredas vidare. Idag produceras biodrivmedel nästan helt utan bevattning men en ökad produktion av framför allt sockerrörsetanol i södra Afrika kan leda till att mer vattenresurser börjar tas i anspråk. Detta kan leda till vissa negativa effekter för dessa biodrivmedelssystem ur hållbarhetssynpunkt vilket bör kunna hanteras i certifieringssystem och med andra nationellt anpassade åtgärder.

En övergång från fossila drivmedel till biodrivmedel och el bedöms leda till minskade utsläpp av *luftföroreningar* från fordonen (på gatan). Dessa lokala miljövinster blir störst för elfordon, följt av gasfordon och därefter fordon som drivs av alkoholbränslen. Denna aspekt kan inkluderas i certifieringssystem. När det gäller behov av *teknisk utveckling* för olika drivmedelssystem är dessa som störst för 2:a generationens drivmedel följt av elfordon och biogas. Här krävs således fortfarande kraftfulla satsningar på teknisk utveckling. Det finns också en utvecklingspotential för dagens spannmålsbaserade etanol och RME-produktion medan behovet av teknisk utveckling av sockerrörsbaserad etanol bedöms vara mindre. Denna aspekt är inte relevant i certifieringssystem.

Ett stort behov av teknisk utveckling innebär samtidigt ett stort behov av *ekonomiskt stöd* för att gå från produktion i försöks- och pilotskala till kommersiell skala med konkurrenskraftiga prisnivåer som följd. Idag är enbart sockerrörsetanol konkurrenskraftig med bensin och diesel utan stöd eller koldioxidbeskattning. När produktion av 2:a generationens drivmedel blir verklighet i kommersiell och stor skala bedöms dessa biodrivmedel, tillsammans med utvecklade system för elfordon, biogas från restprodukter samt sockerrörsetanol, bli de mest konkurrenskraftiga jämfört med fossila drivmedel. Vid ökade kostnader för fossila drivmedel p g a ökat oljepris och/eller höga CO<sub>2</sub>-avgifter kan även 1:a generations biodrivmedel bli konkurrenskraftiga genom att deras produktionskostnader sänks med en fortsatt utveckling av hela systemet, från odling till slutprodukt. Konkurrenskraften beror här också till stor del på utvecklingen av hela jordbrukssektorn. Dessa aspekter är inte relevanta att inkludera i certifieringssystem.

När det gäller *ekonomiska effekter på utvecklingsländer* av ökad biodrivmedelsproduktion kan dessa vara alltifrån negativa till positiva beroende av en mängd olika faktorer som om länderna är nettoexportörer eller nettoimportörer av livsmedel, om länderna är kraftigt beroende av importerad olja, om man avser fattiga bönder på landsbygden eller fattiga i städer o s v. Risken för att negativa effekter uppstår bedöms vara störst för biodrivmedel baserade på livsmedelsgrödor som spannmål

och oljeväxter och i ett kort perspektiv, medan drivmedel baserade på olika former av restprodukter från jord- och skogsbruk bedöms medföra mindre risker. Tvärtom, att utnyttja olika typer av restprodukter, tillsammans med odling på befintlig odlingsmark som idag inte utnyttjas p g a för låg lönsamhet, innebär marginella risker men potentiellt stora vinster. Samtidigt finns det en stor utvecklingspotential för jordbrukssektorn i många utvecklingsländer som innebär att produktionen på befintlig odlingsmark kan öka väsentligt vilket innebär en minskad konkurrens mellan mat- och energiproduktion. Dessa produktionsökningar kan komma tillstånd tack vare en ökad efterfrågan på biodrivmedel, livsmedel o s v vilket leder till en förbättrad lönsamhet för många jordbrukare. I dessa fall spelar således tillväxttakten av olika biodrivmedelssystem stor roll så att denna sker i lämplig takt så att jordbrukssektorn hinner utvecklas i motsvarande grad. Samtidigt krävs att parallella styrsystem utvecklas som säkerställer att ökade intäkter kommer de lokala bönderna, lantarbetarna o s v till del så att lokal landsbygdsutveckling sker. Till viss del bedöms det vara möjligt att inkludera dessa aspekter också i certifieringssystem men dessa måste kompletteras med andra verktyg och politiska åtgärder. Internationella handelsregler (WTO-regler) ger t ex ett visst utrymme för att införa mätbara standarder med syfte att skydda miljö och klimat.

Ett viktigt kriterium för hållbar drivmedelsproduktion, och för all produktion, i framför allt utvecklingsländer är att *sociala aspekter* som arbetsmiljöförhållanden, barnarbete o s v beaktas. Dessa aspekter är dock svåra, eller omöjliga, att införa i certifieringssystem idag. Dels är krav på social utveckling inte möjliga att införa under nuvarande WTO-regler, dels måste dessa problem lösas med andra åtgärder och på nationell nivå med skärpt lagstiftning och andra styrmedel samt genom en ökad kontroll av att dessa efterlevs. Ett sätt att underlätta denna utveckling är politiska bilaterala och multilaterala överenskommelser och avtal.

Sammanfattningsvis anser vi att de biodrivmedel som används i Sverige idag (inhemskt producerade och importerade) är alla hållbara baserat på den produktionsvolym som är aktuell idag. En ökad produktion och användning av dessa s k 1:a generationens drivmedel underlättar också utvecklingen av 2:a generationens drivmedel som oftast är ännu effektivare och som kan produceras i ännu större volymer. Hur stora volymer av olika drivmedel som kan produceras ”hållbart” beror till stor del på generella faktorer i samhället som t ex lagstiftning, jordbruksutveckling, handelspolitik o s v, som påverkar sociala och ekonomiska hållbarhetskriterier. Tillväxttakten har också en stor betydelse för om drivmedelssystem utvecklas till att bli hållbara eller inte, d v s det finns en risk att en alltför snabb tillväxttakt kan leda till en viss suboptimering och att mindre hållbara system används. Å andra sidan kan en anpassad tillväxttakt leda till att potentialen av hållbara drivmedelssystem ökar genom att jordbruksproduktionen på befintlig åkerareal

effektiviseras (vilket minskar risken för markkonkurrens), effektiva biodrivmedelskombinat utvecklas och att synergier mellan dagens teknikplattformar och framtidens (1:a och 2:a generationens drivmedel) tas tillvara på ett effektivt sätt. Med andra ord, samhällsutvecklingen i övrigt (infrastrukturutbyggnad, forsknings- och utvecklingsinsatser, strukturomvandling i jordbruket, landsbygdsutveckling, lagstiftning osv) måste hinna med att utvecklas i samma takt eftersom förnybara drivmedel griper in i så många olika samhällssektorer.

Huruvida dagens biodrivmedelssatsningar kommer att ses som en dyr återvändsgränd eller som ett viktigt steg mot ett hållbart transportsystem beror på hur vi nu väljer att gå vidare med satsningarna. Vi har möjlighet att utnyttja den investeringsvilja och den medvetenhet som finns idag och driva utvecklingen mot allt effektivare biodrivmedel som också är hållbara vid stora produktionsvolymer. Att använda föreslagna hållbarhetskriterier är ett viktigt instrument i detta. För samhället gäller det att använda styrmedel på rätt sätt så att vi styr mot denna utveckling. För fordonsutvecklare och drivmedelsdistributörer kan dagens föreslagna hållbarhetskriterier ge en fingervisning vart utvecklingen är på väg och vilka krav som kan bli tvingande i framtiden.

Att blunda för det senaste årets kritik och att snabbt driva på utvecklingen av biodrivmedel utan några hållbarhetskrav kommer att leda till oacceptabla konsekvenser och bristande stöd, såväl från viktiga aktörer som från allmänheten. Att införa ett moratorium på biodrivmedel är ett lika dåligt alternativ. Att kväsa dagens växande biodrivmedelsindustri kommer inte att gagna utvecklingen av 2:a generationens biodrivmedel eller förtroendet mellan politiker och investerare. Vi bör i stället fokusera på det potentiella samspel och komplementaritet som finns mellan de olika teknikplattformarna för dagens och framtida biodrivmedelssystem.

*Sammanfattningsvis* ger vi följande rekommendationer när det gäller val av drivmedel utifrån de aktuella hållbarhetskriterier som diskuteras i denna rapport:

- Det är av hög prioritet att utveckla bränslesnåla bilar och här kommer elhybridteknologin och elbilar att bli allt viktigare
- En långsiktig strategi för biodrivmedel bör innehålla satsningar på teknologi både för termisk förgasning och biologiska omvandlingsmetoder för lignocellulosa eftersom detta är kompletterande lika mycket som konkurrerande teknologier samt ger större flexibilitet och mindre risk för konflikter
- Dagens biodrivmedel i Sverige är hållbara utifrån den aktuella produktionsvolymen och gynnar utvecklingen av nya drivmedelssystem, men man bör ställa hårda krav på energi- och klimateffektivitet i hela bränslekedjan (från odling till tank) vid ökade produktionsvolymerna
- Biogas från restprodukter har stora miljöfördelar och kan expandera med liten risk för konflikter och passar idag bra för lokala och regionala fordonsflottor tills infrastrukturen är mer utbyggd
- Certifiering (rätt utformat) är ett viktigt och nödvändigt verktyg på vägen mot mer hållbara drivmedel och vid ökade produktionsvolymerna, men dessa system ska inte överskattas då de aldrig kan innefatta alla hållbarhetskriterier
- Socio-ekonomiska aspekter som arbetsförhållanden, lokal landsbygdsutveckling o s v samt indirekta effekter av ökad markkonkurrens måste i första hand lösas med generella åtgärder som nationell lagstiftning, fördelningspolitik, program och planer som i sin tur bör stödjas av internationella avtal och utvecklingssamarbete på olika nivåer
- Oavsett utvecklingen i Sverige eller EU så kommer biodrivmedelsproduktionen globalt att öka, framför allt i utvecklingsländerna, d v s det är därför viktigt att ta vara på den möjlighet vi har idag att medverka i utvecklingen och införandet av hållbarhetskriterier
- Förnybara drivmedel kan, med rätt utformning och styrmedel för lämplig tillväxttakt och produktionsvolym, leda till en positiv och hållbar utveckling i både industri- och utvecklingsländer

## 14. Referenser och lästips för fördjupning

- Ammann C, Sprig C, Fischer C, Leifeld J and Neffler A 2007. Interactive comment to P. Crutzen et al ... Atmospheric Chemistry and Physics Discussion, Vol. 7, pp 4779-4781.
- Azar et al 2003 Global energy scenarios meeting stringent CO2 constraints – cost effective fuel choices in the transportation sector.
- Berndes G and Börjesson P 2003. The energy balance of energy crops irrigation. Paper presented at the XI World Water Congress. Water Resources Management in the 21<sup>st</sup> Century. 5-9 October 2003, Madrid, Spain.
- Berndes G., Börjesson P, Rosenqvist H och Karlsson S 2008. Bioenergi: resurseffektivitet och bidrag till energi- och klimatpolitiska mål. Rapport ER 2008:05, Energimyndigheten, Eskilstuna.
- Berndes, G., Hoogwijk, M. and van den Broek, R. 2003 The contribution of biomass in the future global energy supply: a review of 17 studies. *Biomass and Bioenergy* 25 1 1-28.
- Boisen Peter, 2008, pers.komm.
- Börjesson P and Tufvesson L. 2008. Agricultural crop-based biofuels and green chemicals – resource efficiency and environmental performance. Submitted to the Journal of Cleaner Production.
- Börjesson P. 2008. Fin- eller fuletanol – vad avgör? Rapport nr 65, Miljö- och energisystem, Lunds Universitet, Lund.
- Börjesson P. 2007. Bioenergi från jordbruket – en växande resurs. Bilagedel. SOU 2007:36, Statens Offentliga Utredningar, Fritzes, Stockholm.
- Brandt and Farrel 2007, Scraping the bottom of the barrel: greenhouse gas emission consequences of a transition to low-quality and synthetic petroleum resources, *Climatic Change* (2007) 84:241–263
- Concawe, EUCAR and EU commission JRC, 2007., Well to Wheel analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context. Version 2c, March 2007. Finns tillgänglig på <http://ies.jrc.ec.europa.eu/WTW>.
- Crutzen P, Moiser A, Smith K and Winiwarter W 2006. N2O release from agro-biofuel production negates global warming reduction by replacing fossil fuels. Atmospheric Chemistry and Physics Discussion, Vol. 7, pp 11191-11205.
- DG Agriculture EC 2008 High prices agricultural commodity markets: situation and prospects. Working document, July 2008 Brussels.
- Dielen et al 2002 Biomass strategies for climate policies? *Climate Policy* 2(4).p. 319-333
- Ecotraffic 2002. Sustainable Fuels. Vägverket Publikation 2002:144, Borlänge.
- EEA 2006. How much bioenergy can Europe produce without harming the environment? European Environmental Agency, Report No 7, Copenhagen.
- EIA Energy Information Administration 2008 Monthly Energy Review. Available at: <http://www.eia.doe.gov/mer/prices.html>
- Energimyndigheten 2008, Energistatistik för vägtransportsektorn, ES 2008:01 Eskilstuna
- Ericsson, K., Rosenqvist, H. and Nilsson, L. J. Energy crop production costs in the EU. Submitted to Biomass and Bioenergy in April 2008
- Ericsson K och Börjesson P. 2008. Potentiell avsättning av biomassa för produktion av el, värme och drivmedel inklusive energikombinat. Rapport ER 2008:04, Energimyndigheten, Eskilstuna



- Ericsson, K. and Nilsson, L. J. 2006 Assessment of the potential biomass supply in Europe using a resource-focused approach. *Biomass and Bioenergy* 30 1 1-15.
- European Bank for Reconstruction and Development and FAO 2008 Fighting Food Inflation through Sustainable Investment - Grain production and export potential in CIS countries, Rising food prices: causes, consequences and policy responses. London
- Europeiska kommissionen 2008 Agriculture and Rural Development/Bioenergy, [http://ec.europa.eu/agriculture/bioenergy/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/agriculture/bioenergy/index_en.htm)
- FAO 2003 Environmental and social standards, certification and labelling for cash crops.
- FAO 2004 Food Outlook No 1 April, GIEWS Global information and early warning service.
- FAO 2006 Crop prospects and food situation. No. 1 April Rom, GIEWS Global information and early warning service.
- FAO 2008a Soaring Food Prices: Facts, Perspectives, Impacts and Actions Required High-Level Conference on World Food Security: the Challenge of Climate Change and Bioenergy, Rome, 3-5 June 2008.
- FAO 2008b International commodity prices. <http://www.fao.org/es/esc/prices/PricesServlet.jsp?lang=en>
- FAO 2008c Food Outlook Nr 1 juni, GIEWS Global information and early warning service.
- FAO 2008d Crop prospects and food situation. No. 2 April Rom, GIEWS Global information and early warning service.
- Faurés, J-M. 2008. Competition for natural resources - the case of water. FAO Land and Water Division, Rome. [http://www.fao.org/NR/ben/befs/docs/2nd\\_consultation/Biofuel%20and%20Water.pdf](http://www.fao.org/NR/ben/befs/docs/2nd_consultation/Biofuel%20and%20Water.pdf)
- Flysjö A, Cederberg C, Strid I. 2008. LCA-databas för konventionella fodermedel. SIK-rapport 772, SIK, Göteborg.
- FN 2006 World Population Prospects: The 2006 Revision Population Database. United Nations Population Division, <http://esa.un.org/unpp/> Maj 2008.
- Gerbens-Leenes, P. W. and Nonhebel, S. 2002 Consumption patterns and their effects on land required for food. *Ecological Economics* 42 1-2 185-199.
- Goldemberg J Pers.kommunikation 2008
- Greenpeace 2008. Palmolja – otankbart. [www.greenpeace.se/palmolja](http://www.greenpeace.se/palmolja).
- IEA 2004. Biofuels for transport an international perspective IEA/OECD Paris Cedex.
- IEA 2007 Potential Contribution of Bioenergy to the World's Future Energy Demand. ExCo: 2007:02, IEA Bioenergy.
- IEA International Energy Agency 2006 *World Energy Outlook 2006*. Paris.
- IFEU 2007. Conclusive evaluation of studies assessing the environmental impact of the use of palm oil as a bioenergy carrier. Instiut fur Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH, Heidelberg.
- IFPRI International Food Policy Research Institute 2008 High Food Prices: The What, Who, and How the Proposed Policy Actions. Policy Brief, May 2008 Washington, DC
- Ignaciuk, A., Vohringer, F., Ruijs, A. and van Ierland, E. C. 2006 Competition between biomass and food production in the presence of energy policies: a partial equilibrium analysis. *Energy Policy* 34 10 1127-1138.
- IPCC 2007 Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Genève, Cambridge University Press.
- Ivanic M., och Martin W., 2008, Implications of Higher Global Food Prices for poverty in Low-Income Countries, Policy Research Working Paper 4594, Världsbanken.

- Johansson, D. J. A. and Azar, C. 2007 A scenario based analysis of land competition between food and bioenergy production in the US. *Climatic Change* 82 3 267-291.
- Jordbruksverket 2006. Bioenergi – ny energi för jordbruket Rapport 2006:1.
- Hamelinck C. N. and Faaij A. 2006. Outlook for advanced biofuels. *Energy Policy* 34 3268–3283.
- Kooperation utan gränser, 2008, Med utveckling i tanken: Om biodrivmedel i Afrika som en möjlig väg ut ur fattigdomen, Fakta utan gränser, Nr 6, januari 2008
- Kojima M. och Johnson T. 2005. Potential for biofuels for Transport in developing countries, ESAMP – World Bank/UNDP, Washington October 2005.
- Lundqvist, J., de Fraiture, C. and Molden, D. 2008 Saving Water: From Field to Fork - Curbing Losses and Wastage in the Food Chain. SIWI Policy Brief Stockholm, SIWI.
- Mitchell, D. 2008 A Note on Rising Food Prices. Policy Research Working Paper 4682, The World Bank, Development Prospect Group.
- Naturvårdsverket 2008. [www.naturvardsverket.se](http://www.naturvardsverket.se)
- Neij och Åstrand 2006. An assessment of governmental wind power programmes in Sweden - using a systems approach. *Energy Policy* 34: 277-296
- Neij L: 2008 Cost development of future technologies for power generation—A study based on experience curves and complementary bottom-up assessments. *Energy Policy* 36 (2008) 2200– 2211
- Nilsson L.J., Åhman M., Nordqvist J. (2005). Cygnet or ugly duckling – what makes the difference? A tale of heat-pump market developments in Sweden. In: Proceedings for European Council for an Energy Efficient Economy (eceee) Summer Study June 2005, 30 May to 4 June, Mandelieu, France.
- OECD 2007 Biofuels: is the cure worse than the disease? Round table on sustainable development.
- OECD 2008 Economic Assessment of Biofuel Support Policies. Directorate for Trade and Agriculture.
- OECD/FAO 2008 OECD-FAO Agricultural Outlook 2008-2017.
- Oljekommissionen 2006. På väg mot oljefritt Sverige. Kommissionen mot oljeberoende, Stockholm.
- Oxfam, 2008, Another Inconvenient Truth, How biofuel policies are deepening poverty and accelerating climate change, Oxfam Briefing Paper 114, Oxfam International, Oxford, UK.
- Rauh S 2007. Interactive comment to P. Crutzen et al ... *Atmospheric Chemistry and Physics Discussion*, Vol. 7, pp 4616-4619.
- RFA Renewable Fuels Agency 2008 The Gallagher review of the indirect effect of biofuels production. St Leonards-on-Sea, England.
- Rosenqvist H., Börjesson P., Neij L., Berndes G. (2005). The prospects of cost reductions in willow production. The 14<sup>th</sup> European Biomass Conference and Exhibition, Paris 17-21 October 2005.
- Sandén B. och Jonasson K.M. (2005). Variety Creation, Growth and Selection Dynamics in the Early Phases of a technological Transition: the development of Alternative Transport Fuels in Sweden 1974–2004. Department of Energy and Environment, Chalmers University of Technology, Göteborg.
- SGC (2008). System- och marknadsstudie biometan (SNG), SGC-Rapport *in press*. Svenskt Gastekniskt Center AB.
- SOU 2007:36. Bioenergi från jordbruket – en växande resurs.
- SPI (2007). Rekommendationer till medlemsföretagen angående god praxis för säker hantering av etanol E85. Dec. 2007 SPI.
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M. and de Haan, C. 2006 *Livestock's Long Shadow - Environmental Issues and Options*. Rome, Livestock, Environment and Development LEAD Initiative, FAO.

- Uppenberg et al., 2001, Miljöfaktaboken för bränslen, IVL Svensk miljöinstitutet B-rapport B1334B-2, Stockholm
- USDA 2008 USDA Agricultural Projections to 2017. OCE-2008-1, Washington, DC.
- Världsbanken 2007 World Development Report 2008: Agriculture for Development. Washington DC.
- Waggoner, P. E. and Ausubel, J. H. 2001 How Much Will Feeding More and Wealthier People Encroach on Forests? *Population and Development Review* 27 2 239-257.
- Wang M, Wu M and Huo H 2007. Life-cycle energy and greenhouse gas emission impact of different corn ethanol plant types. *Environmental Research Letters*, Vol 2. [www.iop.org](http://www.iop.org)
- Wiggins, S., Fioretti, E., Keane, J., Khwaja, Y., MacDonald, S. and Srinivasan, C. S. 2008 Review of the indirect effects of biofuels: Economic benefits and food security. Report to the Renewable Fuels Agency London, Overseas Development Institute, London.
- Wolf, J., Bindraban, P. S., Luijten, J. C. and Vleeshouwers, L. M. 2003 Exploratory study on the land area required for global food supply and the potential global production of bioenergy. *Agricultural Systems* 76 3 841-861
- WWF 2008. Unconventional oil – scraping the bottom of the barrel? UK.
- Åhman, M 2001. Primary energy efficiency of alternative powertrains in vehicles. *Energy* 26, 973-989.
- Åhman M. (2006). Government support and the development of electric vehicles in Japan, *Energy Policy* vol. 34, pp. 433–443.
- Åkerman J. och Åhman M. 2008 Förnybara drivmedels roll för att minska transportsektorns klimatpåverkan. *Rapporter från riksdagen 2007/08:RFR 14*
- Åkerman m.fl. 2007. Tvågradersmålet i sikte? – Scenarier för det svenska energi- och transportsystemet till år 2050. *Naturvårdsverket Rapport 5754*.