

Etanolens koldioxideffekter

En översikt av forskningsläget

Sören Wibe

*Rapport till
Expertgruppen för miljöstudier 2010:1*



REGERINGSKANSLIET

Finansdepartementet

Förord

En storskalig användning av biobaserad etanol ses av många länder – däribland Sverige – som ett sätt att minska koldioxidutsläppen. Omfattande stödprogram har satts in för att snabbt ersätta bensin med biobaserad etanol. På senare tid har dessa satsningar ifrågasatts såväl internationellt som i Sverige. Aktuell forskning tyder på att bioetanol inte nödvändigtvis besitter de goda egenskaper som politiken och satsningarna utgått ifrån, t.ex. minskad klimatpåverkan. Det har också hävdats att etanolsatsningar driver upp livsmedelspriserna. Expertgruppen för miljöstudier gav därför i uppdrag åt professor Sören Wibe vid Sveriges lantbruksuniversitet, Umeå, att inventera forskningsläget och diskutera etanolanvändningens effekter ur såväl ett globalt som svenskt perspektiv.

Det är vår förhoppning att rapporten ska bidra till en klargörande debatt på detta område. Författaren svarar själva för innehåll, analys och de slutsatser som presenteras i rapporten.

Stockholm i december 2009

Bengt Kriström
Thomas Aronsson
Karin Bäckstrand
Jonas Ebbesson
Ing-Marie Gren
Stefan Lundgren
Lennart J. Lundqvist
Michele Micheletti
Eva Samakovlis

/Mikael Åsell
Björn Carlén

Författarens förord

Föreliggande arbete är ett uppdrag från Expertgruppen för miljöstudier. Enligt uppdragstexten skall rapporten ge en översikt av forskningsläget vad avser etanolens koldioxideffekt och dess effekter på livsmedelspriserna. Som visas i kapitel 3 är båda dessa effekter sammankopplade och av den anledningen och för att göra rapporten mer lättläst har jag valt att koncentrera framställningen till det förstnämnda ämnet: etanolens koldioxideffekt. På skilda ställen i rapporten och i ett appendix presenteras dock även ett antal resultat vad avser priseffekten.

Huvudresultatet är att de program för ökad etanolanvändning som finns, framförallt i USA och inom EU, har en avsevärd effekt på koldioxidutsläppen. I grova drag är resultatet att etanolen leder till ökade utsläpp (jämfört med om motsvarande transportarbete utförts med bensin) under de första 50-60 åren. Först därefter kommer etanolprogrammen att leda till utsläppsminskningar. Vad gäller effekten på livsmedels- (och foder-)priser är resultaten svåröverskådliga vad gäller det kvantitativa, men en stor majoritet av rapporterna pekar på att den ökande etanolanvändningen har ökat råvarupriserna betydligt. En samlad bedömning är att en ökad etanolanvändning förklarar 20-40% av de prisstegringar som skedde under åren 2005-2008 för varor som ris, majs, soja och fodervete.

Rapporten bygger framförallt på en rad stora översiktsstudier: Jordbruksverket (2006), International Food Policy Research Institute (2006, 2008), OECD (2007), FAO (2008), JRC (2006, 2008), Farm Foundation (2008) samt World Bank (2008a, b). Dessa studier innehåller en stor mängd empiriskt material och ett överflöd av källhänvisningar. De för upplägget avgörande studierna är dock två forskarrapporter som våren 2008 publicerades i *Science*: Fargione et al (2008) samt Searchinger et al (2008). Efter det att denna rapport färdigställdes (september 2009) har två nya

rapporter publicerats i Science (Melillo et al, 2009b samt Searchinger et al, 2009) som båda stöder de slutsatser som dras i denna rapport.

Ett huvudintryck är att forskningen visar en allt mer negativ bild av etanol- (och för den del även biodiesel-) programmen. De är dyra, har negativa konsekvenser för miljön under lång tid och leder till ökade livsmedelskostnader. Skall man döma efter de senaste årens forskningsrapporter, i synnerhet de stora översiktsrapporterna, förefaller inte etanol vara en lösning på världens miljöproblem.

De slutsatser som dras är författarens. Jag vill dock tacka Björn Carlén, Peter Frykblom, Per-Olov Johansson, Johanna Jussila Hammes samt Lotta Medelius-Bredhe för värdefulla synpunkter på tidigare versioner av rapporten samt Ola Carlén för hjälp med grafiska illustrationer. Som brukligt är sker detta tack med tillägget att alla kvarvarande felaktigheter är författarens egna.

Sören Wibe

Innehåll

1	Inledning.....	9
1.1	Bakgrund, syfte	9
1.2	Energiåtgången i tillverkningsprocessen	10
1.3	Ändrad markanvändning, kolskuld och återbetalningstid	11
1.4	Effekter via prismekanismen	15
1.5	Fungerar prismekanismen?	18
2	Etanol, produktion och användning	21
2.1	Grundläggande fakta.....	21
2.2	Produktion av etanol	22
2.3	Produktionen i olika länder.....	24
2.4	Etanolens totala potential som fordonsbränsle.....	24
3	Etanolens miljöeffekter	29
3.1	Teoriutveckling och metodfrågor	29
3.2	Empiriska beräkningar	30
3.3	Etanolens koldioxideffekt-tillverkning.....	31
3.4	Förbränning och koldioxidupptag	33
3.5	Markanvändningseffekten	35
3.6	Markanvändningen, antaganden.....	37

3.7	Markanvändningseffekten, resultat	37
3.8	Koldioxideffekten i diagramform.....	41
4	Den svenska etanolkonsumtionens koldioxideffekter	43
4.1	Sveriges konsumtion och produktion av etanol	44
4.2	En kalkyl för det svenska etanolprogrammet	48
4.3	Etanol i Sverige, effekter på lång sikt	51
5	Etanolprogrammen: Samhällsekonomiska aspekter, kostnader och subsidier.....	55
6	Slutsatser	61
	Litteratur.....	65
	Appendix 1 till kapitel 3: Några ytterligare anmärkningar om etanolens miljöeffekter	69
A1.1	Odlingar på brukad jordbruksmark	69
A1.2	Vad händer om produktionen är konstant (eller minskar)?	70
A1.3	Etanol från avverkningsrester – en kommentar	72
	Appendix 2 till kapitel 4: Koldioxideffekter av det svenska etanolprogrammet på lång sikt	75
A2.1	Vad händer om den svenska etanolkonsumtionen stagnerar eller minskar?	75
A2.2	Konstant konsumtionsnivå.....	75
A2.3	En minskande konsumtion.....	76
	Appendix 3 till kapitel 5: Några kommentarer till sambandet mellan bibränslen och matpriser	79
	Förteckning över tidigare rapporter till EMS	83

1 Inledning

1.1 Bakgrund, syfte

Etanol till fordonsbränsle ses som en viktig komponent i omställningen av världens energisystem. Eftersom etanol (liksom biodiesel) produceras med olika slag av förnybara grödor så anses den koldioxidneutral¹. Detta är själva grundtanken bakom synen på detta drivmedel; man använder som bränsle något som tillverkats av en gröda som när den växer tar upp lika mycket koldioxid som bränslet släpper ut när det förbränns. Detta som vid första anblicken verkar vara en uppenbar sanning kompliceras emellertid av flera förhållanden. Syftet med föreliggande rapport är att ge en översikt av forskningsläget vad avser detta, alltså mer exakt söka ett svar på frågan: vad är etanolens koldioxideffekt?

Studien baseras på data från ett antal översiktsanalyser samt på modeller över bränsle- och livsmedelsmarknaderna. I kapitel 1 ges en översikt av problembilden och de modeller och begrepp som används. Användningen av etanol i världen och Sverige beskrivs i kapitel 2, och i kapitel 3 görs de centrala kalkylerna. I kapitel 4 presenteras en beräkning av det svenska etanolprogrammets samlade nettoutsläpp av koldioxid. Några samhällsekonomiska studier över etanolprogrammets kostnader och intäkter presenteras i kapitel 5. Rapporten avslutas med en sammanfattning i kapitel 6 där huvudslutsatserna diskuteras. I två appendix utvecklas några av resonemangen i kapitel 3 och 4 och i ett tredje appendix beskrivs resultaten från några studier av hur livsmedels-

¹ Se tex följande citat från Naturskyddsföreningen respektive Naturvårdsverket: "En bil som körs på ett förnyelsebart bränsle släpper inte ut någon ny koldioxid i atmosfären. Den utsläppta koldioxiden motsvarar den mängd som bundits under den tid som de grödor bränslet är tillverkat av har vuxit." (Naturskyddsföreningens hemsida). "Etanol är inte slutlösningen på frågan om framtidens drivmedel, men det är väsentligt bättre än att använda bensin eller diesel. Biogas minskar klimatpåverkan med 85 procent, etanol (E85) minskar klimatpåverkan med cirka 60 procent." (Svar på fråga om etanolens miljövänlighet på Naturvårdsverkets hemsida.)

priserna påverkats av den ökade etanolanvändningen i framförallt USA och EU.

1.2 Energiåtgången i tillverkningsprocessen

Etanol tillverkas av grödor vars tillväxt styrs av fotosyntesen med åtföljande koldioxidupptag. Detta upptag motsvarar (i stora drag) den koldioxid som släpps ut vid förbränningen. Detta brukar tas som intäkt för att etanolen är ett koldioxidneutralt bränsle, dvs.. att dess nettoutsläpp är lika med noll, och att man genom att ersätta bensin med etanol skulle uppnå en utsläppsminskning motsvarande de utsläpp som uppstår vid förbränning av bensin. Detta är emellertid ett starkt förenklat synsätt, och det finns flera skäl som gör att etanolens koldioxidneutralitet kan ifrågasättas.

Ett första skäl är *energiåtgången i tillverkningsprocessen*. Ett flertal studier (se nedan) har visat att den energi som åtgår i framställningen av etanol (t.ex. gödning av marken, frakter, mineraler, energiåtgång i tillverkningsprocessen osv.) är större än motsvarande energiåtgång för framställning av bensin ur olja. Den eventuella utsläppsminskning som då görs vid själva förbränningen, äts (delvis) upp av den större mängd energi som går åt till själva framställningen.

Den större energiåtgången beror på att etanol måste framställas i en regelrätt produktionsprocess, medan olja kan pumpas direkt från jorden. Dessutom är omvandlingen från biomassa (t.ex. majs eller vete) till flytande bränsle en process med en verkningsgrad runt 30-40% (JRC, 2008 sid 23)². Motsvarande tal för oljeprodukter ligger runt 93%. Det betyder att 1 MJ (megajoule) biomassa ersätter enbart cirka 0,32-0,43 MJ råolja. Energin i biomassan utnyttjas mycket mer effektivt om den direkt används till t.ex. uppvärmning i stället för att först omvandla den till etanol. I sådana fall uppvisar den en betydligt högre energieffektivitet. Vi ska här dock fokusera på etanol och de konsekvenser dess användning ger.

² JRC står för Joint Research Centre som är ett forskningscentrum med uppgift att ta fram underlagsmaterial till EUs institutioner, framförallt EU-kommissionen.

1.3 Ändrad markanvändning, kolskuld och återbetalningstid

En andra, och allvarigare invändning mot etanolens koldioxidneutralitet rör *tidsaspekten*, något som i regel har samband med den *förändrade markanvändning*³ som etanoltillverkning oftast innebär. Detta är en effekt som forskningen gradvis klarlagt, senast med två uppmärksammade artiklar i *Science* 2008.⁴

Kärnan i argumenten om markanvändning är enkel: När man odlar en gröda för etanolframställning kommer man vanligen direkt eller indirekt att orsaka utsläpp av växthusgaser. Utsläppen kan komma direkt t.ex. då man röjer bort skog för att frilägga marken, men de kan också komma indirekt, som en osynlig bieffekt genom marknadsmekanismen. (Detta förklaras mer i detalj nedan.) När man då räknar på de ackumulerade utsläppen av koldioxid-ekvivalenter⁵ (i fortsättningen betecknade CO₂e) och jämför detta med motsvarande utsläpp för bensin *för samma transportarbete per tidsenhet*, t.ex. *X km/år*⁶, erhålles ofta följande bild:⁷

³ Den ändrade markanvändningen kan vara direkt (t.ex. när man plöjer upp en stäpp och börjar odla en energigröda) eller indirekt (t.ex. då en ökad etanolproduktion leder till prisförändringar som ändrar markanvändningen på något annat håll i världen).

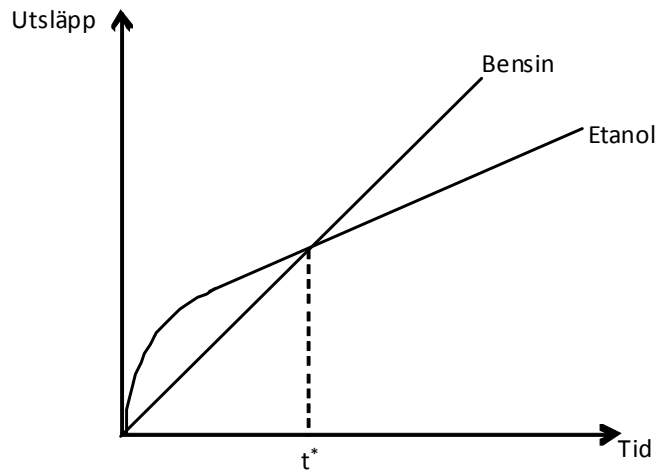
⁴ Fargione et al (2008) och Searchinger et al (2008).

⁵ Olika växthusgaser har (givet mängden) olika inverkan på själva "växthuseffekten". För att få ett enhetligt mått på den totala effekten omvandlas allt till enheter koldioxid, eller koldioxidekvivalenter.

⁶ Detta, att jämförelsen avser en given mängd transportarbete, är en ibland outtalad förutsättning för alla jämförelser i rapporten.

⁷ En variant på denna figur finns publicerad i Börjesson et al (2009) sid 42.

Figur 1 Ackumulerade koldioxidutsläpp för etanol och bensin – en principskiss.



Vad figur 1 utvisar är det principiella förhållandet att fram till år t^* (alltså t^* år efter det att man övergått från bensin till etanol) är (de ackumulerade) koldioxidutsläppen av etanol *större* än vad som skett om man istället fortsatt att använda vanlig bensin⁸. Vid år t^* har man producerat så mycket bränsle av grödan att den mängd koldioxid som (netto) släppts ut i atmosfären (vid nyodlingen, tillverkningen och användningen) av etanolen motsvarar *samma mängd* som skulle släppts ut om man utfört samma transportarbete (t.ex. kört samma antal kilometer) med vanlig bensin som bränsle. Vid ytterligare produktion hamnar de totala utsläppen av koldioxid (vid etanolanvändning och för ett givet transportarbete) *under* vad som skulle blivit fallet vid användning av bensin. Först efter år t^* börjar etanolanvändningen alltså ge resultat i form av lägre ackumulerade utsläpp till atmosfären.

En speciell poäng i denna kritik består i att t^* kan vara så stort att bibränslet i fråga är direkt skadligt för klimatet, även på lång sikt. Under åren fram till t^* släpps det ju ut mer koldioxid än om man använt bensin, och dessa år kan vara kritiska för klimatutvecklingen på grund av att jordens temperatur då passerar ett tröskelvärde eller liknande. Är t^* tillräckligt stort kan alltså etanol

⁸ Vi använder för enkelhets skull enbart alternativet "bensin", men läsaren förstår att det kan vara vilket slag av mineraloljebaserat drivmedel som helst, t.ex. diesellojja.

göra mer skada än nytta, även vad gäller det främsta skälet till dess användning, nämligen dess inverkan på jordens klimatutveckling.

Hur figur 1 ser ut med konkreta årtal och mängder utsatta har även betydelse för om etanol skall beläggas t.ex. med koldioxid-skatter och om dess användning skall ingå i utsläppsstatistiken för växthusgaser. Nu betraktas etanolen som helt koldioxidneutral, den är befriad från koldioxidskatt och dess användning (med odiskutabla direkta koldioxidutsläpp) räknas inte med i den offentliga statistiken över utsläpp av växthusgaser i Sverige (och EU)⁹. Men låt oss anta att man övertygande kan visa att etanol även på riktigt lång sikt (låt oss säga 100 år) förorsakar nettoutsläpp av växthusgaser (VHG) motsvarande 50% av de som bensin orsakar (vid samma transportarbete). Det är då rimligt både att belasta etanolen med en koldioxidskatt (motsvarande 50% av samma skatt för bensin), samt att räkna in kanske hälften av etanolens direkta förbränningsutsläpp i den officiella statistiken över VHG¹⁰.

Forskning (se nedan) har visat att tidpunkten t^* är starkt beroende av hur etanolen produceras, t.ex. om den görs av skogsavfall, majs eller sockerrör. Detta beror dels på att produktionsmetoderna skiljer sig åt och dels på markanvändningseffekten. Ett skäl till att den banbrytande artikeln av Fargione och hans kollegor (Fargione et al, 2008) fick sådant genomslag var att man visade att tiden från 0 (nyodlingen) till t^* i många fall var mycket lång, främst beroende på markanvändningseffekten.

I den aktuella artikeln pekade man på att biobränslen kräver odlingar på mark, och att om man odlar upp orörda ekosystem - det må röra sig om skogar eller stäpper¹¹ - så frigör man stora mängder kol som omvandlas till koldioxid. Jord och växternas biomassa är de två största biologiskt aktiva lagren för kol, och tillsammans innehåller de ungefär 2,7 gånger den mängd (kol) som finns i atmosfären.¹² När man odlar upp dessa marker frigörs stora

⁹ Denna praxis gäller i princip alla energislag som betraktas som "förnybara". Även användningen av t.ex. skogsråvara för uppvärmning räknas som "koldioxidneutralt" och trots att förbränningen medför stora nettoutsläpp av koldioxid räknas detta inte in i statistiken över växthusgasutsläpp.

¹⁰ Detta diskuteras i Wibe (1990). Det exempel vi anför är en förenkling och bortser från att t.ex. utsläpp som härrör från produktionen (av etanol resp. bensin) redan kan vara beskattade resp. ingå i den officiella utsläppsstatistiken.

¹¹ I engelskspråkig litteratur använder man genomgående termen "grassland" för att beteckna marker med gräs som huvudsaklig växtlighet. Här använder vi genomgående "stäpp" för att beteckna samma naturtyp.

¹² Fargione et al (2008) sid 1236. Atmosfären innehåller ca 800 mdr. ton kol medan växt- och jordlagret innehåller ca 2.200 mdr. ton.

mängder koldioxid antingen genom förbränning eller genom mikroskopisk nedbrytning av organiskt kol som finns i biomassan och det översta jordlagret. Artikelförfattarna kallade detta för ”kolskulden”, en skuld som alltså återbetalades först år t^* . Det uppseendeväckande med resultaten var att t^* kunde vara flera hundra år. Följande värden presenterades i studien¹³:

Tabell 1.1 ”Återbetalningstiden” (t^*) för etanolproduktion av olika slag enligt Fargione et al¹⁴.

Produktion	Återbetalningstid, år
Biodiesel från palmolja, regnskog, Malaysia	96
Biodiesel från palmolja, regnskog, Malaysia	423
Biodiesel från sojaböner, regnskog, Brasilien	319
Etanol från sockerrör, Cerrado ¹⁵ , stäpp Brasilien	37
Biodiesel från sojaböner, Cerrado, beskogad Brasilien	17
Etanol från majs, stäpp, USA	93
Etanol från majs, tidigare jordbruksmark, USA	48
Etanol från energigrödor, jordbruksmark, USA	0

Som framgår blir återbetalningstiden för biodiesel som framställs från palmolja extremt lång. Under flera hundra år kommer alltså den biodiesel som subventionerats och använts i Europa att öka atmosfärens halt av VHG. Etanol har generellt sett kortare återbetalningstid, men även denna är betydande. Endast användning av energigrödor på tidigare jordbruksmark saknar (i Fargiones analys) kolskulden och har därmed en återbetalningstid = 0 år. Det beror på att denna mark redan är uppodlad varför kollagret i jord och växter redan omvandlats till koldioxid.

¹³ Studien innehåller inga exempel från EUs länder, men här visar en analys (JRC, 2006, 2008) att om nyodling sker på kontinenten (t.ex. för framställning av etanolgrödor) så sker detta på nu permanenta stäpper. Denna uppodling leder till omedelbara CO₂-utsläpp som det tar mellan 50 och 110 år att ”återbetala”.

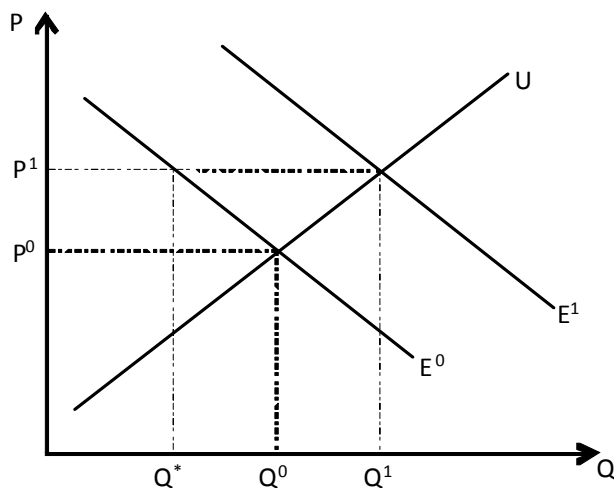
¹⁴ Fargione et al (2008) sid 1237. I artikeln ges inga förklaringar till att man erhåller olika värden för t.ex. palmoljeodlingar på Malaysia. Förmodligen är det två olika plantager som man analyserat.

¹⁵ Cerrado är den portugisiska benämningen på den landskapstyp som utgör huvuddelen av Brasiliens inland sydöst om Amazonas regnskogar. Cerradon inkluderar ett vitt spektrum av sammanhängande ekosystem, från öppna stäpper till slutna skogar. Cerradon har varit den huvudsakliga ”fronten” för brasiliens jordbruksexpansion med kraftigt ökade odlingar för sojaböner och sockerrör liksom utvidgning av betesmarkerna.

1.4 Effekter via prismekanismen

Fargiones och hans kollegors analys fördes ett steg framåt genom ytterligare en artikel i *Science* 2008¹⁶. Där analyserades och kvantifierades den indirekta markanvändningseffekten, (ILUC, Indirect Land Use Change) dvs. den effekt som en nyodling (för etanolgrödor) har på markanvändningen på andra håll i världen. I USA används t.ex. stora arealer till odling av majs för tillverkning av etanol. Men detta innebär ett bortfall av den majs (eller en annan gröda som odlats på dessa arealer) som annars skulle sålts på fodermarknaden inom eller utom landet. I sin tur leder detta utbudsbortfall till prisförändringar som på något annat håll i världen leder till ändrad markanvändning, t.ex. att man hugger ner skog för att odla sojabönor för att kompensera den majs man eljest skulle köpt till foder eller livsmedel. Sådana markanvändningseffekter kan kraftigt påverka de globala nettoutsläppen av växthusgaser för etanol. Hela kedjan av effekter kan belysas av nedanstående figur.

Figur 2 Principillustration till hur en ökad användning av etanol leder till ändrad markanvändning



¹⁶ Searchinger et al (2008).

Figuren illustrerar utbuds- och efterfrågesamband för en gröda som kan användas till etanolframställning, t.ex. majs. Initialt är priset på den aktuella grödan P^0 och den framställda kvantiteten Q^0 . Så ökar efterfrågan då det uppkommer en marknad för majs till etanol. Detta illustreras i figuren av en förskjutning av efterfrågekurvan $E^0 \rightarrow E^1$. Priserna och kvantiteterna förändras till P^1 resp. Q^1 .

Priset på majs stiger alltså till P^1 vilket orsakar en minskning av konsumtionen för andra ändamål än till etanolframställning från Q^0 till Q^* . Detta betyder att mängden $Q^1 - Q^*$ används till etanol, något som kräver produktionsökningar (och därmed ökade etanolodlingar) i motsvarande mån. Om denna mängd är t.ex. 1 miljon ton och varje hektar ger i genomsnitt 5 ton majs, så krävs alltså nyodlingar motsvarande 200 000 hektar.

Nyodling är en effekt och den påverkar kolbalansen. En annan är att priset för grödan stiger, från i detta fall P^0 till P^1 . Här ses alltså direkt sambandet mellan de två effekter som diskuterats livligt vad gäller etanol, nämligen kolbalansen och priset på livsmedel. Innan Searchingers artikel behandlades dessa åtskilda eller åtminstone inte inom ramen för samma teoretiska modell. Här framgår emellertid att priset är den förmedlande länken mellan den ökande efterfrågan på etanol och de VHG-utsläpp som kommer från ändrad markanvändning.

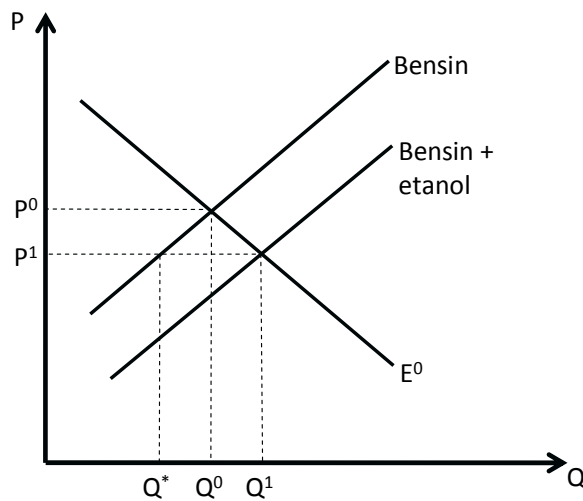
Detta är teorin, vilket som framgått är vanlig marknadsteori. Det kan dock tilläggas att effekterna inte begränsas till en marknad, som i exemplet ovan majs. Om majsen används till foder, kommer prisstegringarna att öka efterfrågan på alternativ, och driva upp priserna på t.ex. sojaböner och foderveete på olika håll i världen. Dessa reaktioner kommer i sin tur att leda till nyodlingar av även dessa grödor. Nu går t.ex. 4,4% av världens spannmålsproduktion till produktion av biobränslen.¹⁷ Majs i USA används t.ex. till stor del som djurfoder, och om priset på majs stiger så kommer det att medföra stegringar även för andra fodergrödor som t.ex. foderveete eller sojaböner. Eftersom i stort sett alla livsmedel och fodergrödor är substitut i någon mening innebär det att en ökad etanolanvändning baserad på något slag av livsmedel eller foder kommer att påverka alla livsmedels- och foderpriser¹⁸.

¹⁷ Se Börjesson et al (2009) sid 7.

¹⁸ En politiskt viktig fråga i det sammanhanget är dels om den ökning som inträffar är betydande eller obetydlig och dels i vad mån den drabbar människor i fattiga länder. (Stigande livsmedelspriser i rika länder är knappast något större problem ur näringsfysiologisk synvinkel.) För en diskussion om detta, se WB (2008a).

Slutligen finns en priseffekt som först på senare tid uppmärksammas i någon större omfattning, nämligen att insatserna för att öka etanolanvändningen gör fossilbränslepriserna lägre (!).¹⁹ I de flesta länder subventioneras etanolanvändning (även om t.ex. USA och EU motverkar dessa subventioner genom att samtidigt (!) ha importtullar). Detta betyder att existerande fordonsbränsle får konkurrens av ett subventionerat bränsle och att priserna därigenom pressas. Man kan då inte räkna med att X liter etanol ersätter en energimässigt lika stor mängd bensin. Man måste även räkna med att subventioneringen av etanol leder till en ökning av den totala bränsleförbrukningen och en därmed sammanhängande ökning av VHG-utsläppen. I Sexton et al (2008) rapporteras t.ex. att USAs etanolprogram sänkt bensinpriserna med 1,4 -2,4 procent, vilket i sin tur ökat (bensin-) konsumtionen. Med gängse antaganden om bensinefterfrågans priselasticitet skulle detta innebära en "rekyleffekt" om 0,4 - 0,7 procent ökning av konsumtionen.

Figur 3 Principillustration till hur en ökad användning av etanol påverkar bensinpris och bensin användning.



¹⁹ Se Sexton et al (2008). "Even when considering just US biofuel production, it is clear that biofuels have significantly reduced gasoline prices, but at the expense of contributing to food shortages" ibid sid 6. Se även de Gorter och Just (2009).

Resonemanget kan belysas med en figur liknande figur 2. I figur 3 utvisas utbudskurvan för bensin (mätt i bränsleekvivalenter) samt den totala utbudskurvan för bränsle, alltså den då etanol kommer ut på marknaden och ökar det totala utbudet (i figuren betecknat "Bensin + Etanol"). Följden av etanolutbudet blir en ökning av den totala bränsleförbrukningen från Q^0 till Q^1 samt en minskning i bränslepriset från P^0 till P^1 . Denna effekt är viktig, ty då man skall bedöma effekten av ett etanolprogram så bör man ta hänsyn till de förändrade kvantiteterna. Den mängd etanol som *tillkommit* är ju $= Q^1 - Q^*$, medan den mängd bensin som *undanträngts* av detta är $= Q^0 - Q^*$. Den totala bränslekonsumtionen har därmed ökat motsvarande $Q^1 - Q^0$. I de empiriska analyser som vi genomför i denna rapport tar vi *inte* hänsyn till denna effekt, (främst beroende på att empiriska data saknas för Sverige och EU) men det är alltså fråga om en effekt som minskar det miljömässiga värdet av etanol relativt bensin.

Det är fullt möjligt (för att inte säga troligt) att subventioneringen av etanol leder till en ökning av den totala konsumtionen av bränsle och (enbart) därigenom till ökade koldioxidutsläpp. Som visas i avsnitt nedan är världsmarknaden för etanol ett fullkomligt moras av specialtullar och specialsubventioner. Förmodligen kan (den stora och svåröverskådliga) mängden ingrepp förklaras med att etanolproduktionen både är en del av jordbrukspolitiken och en del av ländernas klimatstrategi.

1.5 Fungerar prismekanismen?

De allra flesta forskare inom området erkänner existensen av de prisseffekter som berörs i föregående avsnitt. I Börjesson et al (2009) reser man dock invändningar med bl.a. följande argument:

... "it is in principle impossible to connect indirect land use changes to a specific production system for a particular biofuel. Indirect land use changes in the form of new cultivation of farmland due to displacement effects are a consequence of every type of production, even food and feed production. This implies that possible negative consequences should be attributed to all types of production, not only biofuels. If biofuels are attributed the negative consequences, this leads to "marginal thinking" where biofuel production is assumed always to lead to indirect land use changes in the form of new cultivation of farmland..." (sid 42.)

Resonemanget är lite svårtolkat, men förmodligen menar författarna att det är svårt att finna en direkt kedja mellan det att X ha börjar användas för etanolgrödor i landet Y till att Z ha nyodlas i land H. Det är naturligtvis i viss mening korrekt - den ekonomiska teorin kan inte användas för så exakta förutsägelser. Men det finns gott om empiriska belegg för att teorin ger en god approximation av hur marknader fungerar. Det torde vara mycket få professionella ekonomer i världen som inte tror att det finns utbuds- och efterfrågefunktioner för vanliga marknader, och att prisförändringar där ger upphov till kvantitetsreaktioner.

Med hjälp av den ekonomiska teorin kan man bygga en modell som fångar huvuddragen, men kanske inte alla detaljer, i vad som sker. Ingen tror (för att nu ta ett konkret exempel) t.ex. att exakt 1,8 miljoner ha kommer att uppodlas i Brasilien som ett resultat av ökad produktion av etanol (med X ton) i USA. Men vad modellresultaten (i detta fall från Searchinger et al) säger oss är att om världen någotsånär fungerar som den ekonomiska teorin säger att den gör, kommer med stor sannolikhet (låt oss säga) mellan 1,6 och 1,9 miljoner ha att uppodlas i Sydamerika (om USA ökar etanolproduktionen med X ton).

I citatet ovan framförs också åsikten, att eftersom flera saker kan ge upphov till nyodlingar, så är det omöjligt att urskilja effekten av en speciell sådan. Men detta är inte korrekt. Ett växande träd kräver både vatten, ljus och näringsämnen, men vi kan trots det med statistiska metoder och direkta observationer mäta betydelsen av en förändring av en av dessa, t.ex. vad det betyder om vi ökar kvävetillförseln på ett visst sätt.

En ytterligare kommentar kan göras nämligen rörande argumenten om "marginella effekter". Det kan synas lite löjligt att räkna med effekter av "1 liters ökad etanolproduktion" eftersom en sådan ökning är alldeles för liten för att påverka några priser alls. Men tanken bakom denna språkdräkt är givetvis att det finns ett linjärt samband som tillåter oss att beskriva en utveckling även med godtyckligt små enheter. Ingen tror att oljepriset påverkas om Saudarabien sänker produktionen med 1 fat olja om dagen, men alla är överens om att priset kommer att stiga om man minskar produktionen med 5 miljoner fat/dag. Hela framställningen i denna rapport bygger på det enkla antagandet att effekterna av en produktionsnedskärning om 1 fat/dag är en femtemiljondel av

effekterna av en nedskärning med 5 miljoner fat, dvs. linjära förhållanden mellan kvantiteter och priser.²⁰

²⁰ Man kan försvara denna linearitet med följande resonemang: De totala etanolproduktionen i världen är inte försumbar och har allmänt erkända effekter på priser och kvantiteter. Om ett land, t.ex. Sverige, använder en tiotusendel av världsproduktionen är det rimligt att anta att Sveriges produktion står för en tiotusendel av de totala effekterna.

2 Etanol, produktion och användning

2.1 Grundläggande fakta

Innan diskussionen om etanolens miljöeffekter kan det vara på sin plats med några bakgrundsfakta.

Etanol definieras vanligen med den kemiska formeln C_2H_5OH . Den kan framställas syntetiskt (från fossila råvaror), men den absoluta huvuddelen framställs genom fermentering, dvs. jäsnings. Som råvara kan användas jordbruksgrödor eller skogsprodukter som innehåller socker, stärkelse eller cellulosa.

Innan stärkelse eller cellulosa kan jäsas måste dessa brytas ned till socker i s.k. hydrolys. Därefter kan sockret jäsa och omvandlas till etanol och koldioxid med hjälp av jästsvampar. Kemiskt kan processen beskrivas av formeln $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2CH_3CH_2OH + 2CO_2$ ²¹. Denna process avstannar vid en alkoholkoncentration på mellan 10 och 16%, så för att höja koncentrationen måste lösningen destilleras.

Att tillverka etanol är alltså en process i två eller tre steg. Är råvaran sockerrör, sockerbetor eller sockerdurra behövs bara jäsnings och destillering. Är råvaran en jordbruksgröda (majs, potatis, vete, hirs) eller en cellulosa-förening (alltså vanligt trä) fordras först hydrolys. Av denna anledning är vanligen tillverkningen dyrare om man använder en jordbruksgröda (eller en cellulosa-förening) istället för en sockerbaserad råvara.

Det kan vara av intresse att se hur mycket etanol olika grödor kan ge:

²¹ Se Jordbruksverket (JBV) (2006) sid 9. Observera att första ledet i denna reaktion efter omskrivning blir $2C_2H_5OH$, alltså etanol. Etanol kan även framställas syntetiskt. En biprodukt vid raffinering av råolja är eten som vid blandning med vatten ger etanol enligt formeln: $C_2H_4 + H_2O \rightarrow C_2H_5OH$.

Tabell 2.1 Mängd etanol (liter) som erhålles från 10 kg råvara. (Normalvärden).²²

Råvara	Liter/10 kg råvara
Sockerrör	0,79
Sockerbeter	0,97
Potatis	1,18
Majs	3,89
Vete	3,84
Ris	4,44
Trä	2,62

Etanol har tre huvudsakliga användningsområden: alkoholhaltiga drycker, industrietanol (läkemedel, lösningsmedel, konservering, kosmetika mm) samt bränsle-etanol. Det senare finns i E85 och E92 (siffrorna avser procenttalet för etanolinnehållet) samt i den vanliga bensinen i form av s.k. låginblandning, 5% etanol.

2.2 Produktion av etanol

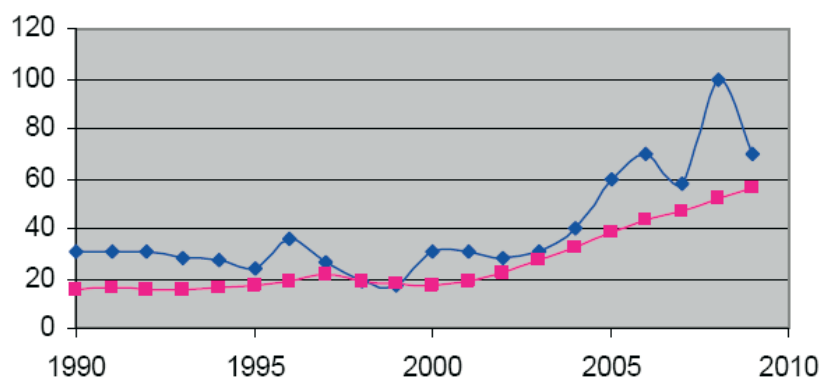
Världsproduktionen av etanol till bränsle har vuxit kraftigt sedan 1990-talets början²³. Produktionen var praktiskt taget konstant (ca 20 mdr. liter) under 1990-talet, men från sekelskiftet har produktionen i det närmaste 3-dubblats till cirka 60 mdr. liter. Se nedanstående figur:²⁴

²² Källa: JBV (2006) sid 10.

²³ För en beskrivning av de mål för biobränslen som G8-länderna satt upp, se FAO (2008) kap 3 sid 29.

²⁴ Källa Berg (2004), FAO (2008), www.indexmundi.com. (De tre källorna ger lite olika värden för specifika år).

Figur 4 Etanolproduktion och oljepris.



I figuren ovan har även oljepriset (i 2009 års prisnivå) lagts in. Som framgår följs oljepris och etanolproduktion rätt väl varandra. Den stora ökningen för etanolproduktionen sker i början av 2000-talet samtidigt som oljepriset börjar stiga. Ett högre oljepris innebär naturligtvis att alternativa bränslen (t.ex. etanol) blir relativt sett billigare, men det statistiska sambandet i figuren ovan behöver inte vara ett orsakssamband. Ökningen i etanolproduktionen sammanfaller även med att växthusgasernas klimateffekt blir en verkligt stor politisk fråga och detta har, oberoende av oljepris, drivit fram en rad politiska åtgärder för att öka produktionen. Inom EU finns t.ex. sedan början av 2000-talet direktiv om bibränslen och Europeiska rådet antog i mars 2007 målsättningen att 20% av den totala energiförbrukningen skulle komma från förnybar energi år 2020. (Etanol anses vara ett förnybart bränsle.) Samtidigt antog man ett bindande mål för bibränslen, nämligen att "a 10% binding minimum target to be achieved by all Member States for the share of biofuels in overall EU transport petrol and diesel consumption by 2020"²⁵. Detta mål har senare ändrats till 10% förnybar energi, varav minst hälften utgörs av biodrivmedel.

²⁵ JRC(2008), sid 3.

2.3 Produktionen i olika länder

De stora producentländerna av etanol är som framgår av nedanstående tabell USA och Brasilien. I USA är majs den huvudsakliga råvaran och i Brasilien sockerrör. Kanada tillverkar etanol huvudsakligen från spannmål, Indien från melass, medan Kinas etanol huvudsakligen kommer från majsodlingar. Inom EU tillverkas etanolen dels från överskott av vin (t.ex. Spanien och Italien) dels från spannmål: vete och ett överskott av råg i Tyskland och slutligen sockerbeter och melass (bl.a. Frankrike). Av de 1,5 mdr. liter etanol som producerades inom EU år 2004 kom ca hälften från spannmål, 40% från sockerbeter och melass och cirka 10% från vin. Huvuddelen av den EU-producerade etanolen används som alkohol, men andelen bränsle har stigit från 6 till ca 40% de senaste 10 åren.

Nedanstående tabell utvisar etanolproduktionens fördelning på länder år 2007.

Tabell 2.2 Etanolproduktionens fördelning på olika länder år 2007²⁶

	mdr. liter	% av världsproduktion
USA	24,6	50
Brasilien	19,0	38
EU	2,2	4,0
Kina	1,8	3,7
Kanada	0,8	1,4
Indien	0,2	0,4
Övriga	1,0	2,5

2.4 Etanolens totala potential som fordonsbränsle

Prognoser om etanoltillverkningens framtid²⁷ pekar på en stark fortsatt ökning. I USA ökade t.ex. antalet fabriker som tillverkar etanol från 139 till 170 mellan januari 2008 och januari 2009, och vid den senare tidpunkten var 24 fabriker under byggnad. I Berg (2008) beräknas att världsproduktionen kommer att öka från ca 52 mdr. liter år 2008 till cirka 67 mdr. liter år 2011.

²⁶ Källa finns på www.ethanolrfa.org/industry/statistics. Överensstämmer nära med data i FAO(2008) sid 15.

²⁷ Se t ex Berg (2004), FAO (2008), Farm Foundation (2008).

Det finns emellertid en rent fysisk begränsning om hur mycket av transportsektorns bränsle som kan komma från etanol. Detta diskuteras ingående i en rapport från OECD från 2007²⁸. Där konstateras att världproduktionen av biobränslen (etanol + biodiesel) år 2005 utgjorde 0,8 EJ²⁹ eller totalt cirka 1% av världens (transport) bränslekonsumtion (som alltså uppgick till drygt 80 EJ). Den möjliga produktionen biobränslen år 2050 bedöms uppgå till 38 EJ, eller cirka 20% av vad man då bedömer vara transportsektorns efterfrågan. Detta förutsätter ett högt oljepris, en medveten politisk satsning på etanol (och biodiesel) samt att det sker tekniska genombrott så att den s.k. andra generationens biodrivmedel kan utvecklas³⁰.

Anledningen till begränsningen är helt enkelt den fysiska begränsningen av den landmassa som står till förfogande för odling av biogrödor. Följande tal gäller (enligt OECD, 2007) för nuvarande användning (alla tal i gigahektar, Gha).

<i>Jordens totala landmassa</i>	13,4
Skogar	3,9
Land som används till jordbruk	1,5
Betesmark	3,5
Bosättningar (städer, byar)	0,2
Öknar, berg osv.	4,2
<i>Potentiella jordar för regnbevattnade etanolgrödor</i>	3,3 ³¹
Av dessa beskogade områden	0,8
Av dessa redan odlad jordbruksmark	1,5
Jord som kommer att behövas till mat, bostäder och vägar	0,3
<i>Återstående landmassa, brutto</i>	0,74
<i>Återstående landmassa netto</i>	0,44

²⁸ OECD (2007) sid 12-17. Ett annat sätt att beräkna finns i Börjesson et al (2009) sid 28, där man utgår från hur långt en bil kan köra på ett år produktion av en biogröda per hektar. Potentialen belyses även i FAO (2008) sidan 19-22. Resultaten skiljer sig inte nämnvärt från de i detta avsnitt.

²⁹ EJ står för Exa Joule, 1 EJ=278 TWh.

³⁰ Denna "andra generation" beskrivs i rapporten på sid 22 och är i princip en utveckling av cellulosabaserad etanolframställning.

³¹ Resten av jordens landmassa är antingen för kall (13%), för torr (27%), för brant (12%) eller har begränsningar i form av icke tillräckligt bördiga jordar (65%).

Av den återstående landmassan som är möjlig att använda för energigrödor (0,74 Gha) kommer 0,3 Gha att behöva avsättas för att föda en befolkning som förväntas växa från ca 6,5 mdr. nu till bortåt 9 mdr. år 2050. För att föda den ökande befolkningen krävs 0,2 Gha i form av ny jordbruksmark och 0,1 Gha i form av ny betesmark³² vilket gör att den totala återstående ytan blir 0,44 Gha.

När man alltså dragit ifrån vad som krävs för vanligt jordbruk, betesmark osv. återstår 0,44 Gha av jordens totala landyta på 13,3 Gha³³. Den totala biomassaproduktionen från dessa arealer plus rester från vanliga grödor och skog samt avfall (Se OECD sid 16)³⁴ motsvarar cirka 218 EJ³⁵ per år (för hela jorden). Denna uppskattning ligger inom det intervall på 125-760 EJ som IPCC (2007) arbetade med. Detta är alltså den totala energimängd som en uthållig biomassaproduktion kan ge³⁶. Om all denna energimängd används, ger detta en total "etanolpotential" på 38,2 EJ. Detta är 20% av IEAs basscenario för efterfrågan på flytande bränsle år 2050³⁷. Biobränslen kommer således enligt denna analys aldrig att svara för huvuddelen av efterfrågan på fordonsbränsle. Även med mycket starka antaganden (t.ex. att etanol sparar 90% av VHG

³² Om alla på jorden åt en "västlig" diet innehållande 80 kg kött per år och person skulle detta kräva 2,5 Gha ytterligare för att tillhandahålla de nödvändiga betesmarkerna. Antagandet i texten bygger på en produktivitetsstegring inom jordbruket motsvarande 1,1% årligen, se Fischer et al (2001).

³³ Nu används endast 0,01 Gha till odling av biobränslegrödor.

³⁴ 83 EJ från potentiella nyodlingar, 35 från skörderester, 91 från (skogs-) avverkningsrester, 10 från djur och organiskt material. Detta ger totalt 218 EJ.

³⁵ Denna siffra kan jämföras med energivärdet av all fotosyntes på jorden som är lika med 3 150 EJ per år, se Kapur (2004).

³⁶ Såvida man ej använder stamved, dvs. det som nu går till sågade varor samt papper och papp till biobränslen. För en fördelning av biobränslepotentialen på olika världsdelar, se OECD (2007) sid 30.

³⁷ I Börjesson (2009) sid 17 räknar man med ett tekniskt-ekonomiskt maximumvärde på 50-60 EJ, dvs. kanske 30% av den totala bränsleförbrukningen år 2050.

jämfört med bensin) blir slutsatsen att bränslet kan reducera VHG-utsläppen med maximalt 3,6% år 2050.³⁸

³⁸ OECD (2007) sid 18.

3 Etanolens miljöeffekter

3.1 Teoriutveckling och metodfrågor

Det behöver kanske inte sägas att klimatfrågans aktualitet har gjort att det inte råder brist på forskning om etanol och dess miljöeffekter, tvärtom. Forskningen är dock mycket svårgenomtränglig. Det finns en uppsjö av olika data, men sällan ordentliga förklaringar hur författaren eller författarna nått dessa resultat. I en rapport kan man t.ex. finna en uppgift om att etanol endast släpper ut (säg) X % VHG av motsvarande mängd bensin³⁹, i en annan kan siffran vara något annorlunda. Det gemensamma för alla rapporter brukar inte vara resultaten utan det dunkel och den teorilöshet som omger beräkningarna.

Dessutom gäller att det finns en utveckling som tydligt återspeglar de framsteg som forskningen gjort, och som gör många äldre rapporter inaktuella. Den första generationens etanolrapporter (från tidigt 1980-tal till början av 2000-talet) behandlade enbart de direkta effekterna och inte sällan konstaterade man bara att etanolen var ”koldioxidneutral” eftersom grödan tog upp lika mycket koldioxid som sedan emitterades vid bränslets förbränning.

I den andra generationens forskarrapporter (ca 2000–2005) förfinades analysen, huvudsakligen genom att man tog hänsyn till VHG-effekterna av etanolens framställning. Det är i dessa rapporter som man kan konstatera t.ex. att etanolframställning från spannmål eller andra jordbruksprodukter vanligen kräver stora mängder energi, vilket minskade de besparingar som man trodde kunde göras.

I den tredje generationens forskningsrapporter (2005–2008) uppmärksammade man så markeffekten och priseffekten. De första rapporterna om stora kolutsläpp från etanolgrödor avsåg oljepalmsodlingarna i Indonesien och Malaysia. Dessa plantager var

³⁹ Som tidigare nämnts avses en jämförelse mellan bensin- och etanol-åtgång vid ett givet transportarbete.

en starkt bidragande orsak till skövlingen av regnskogarna, och den biodiesel som framställdes av palmolja fick snart dåligt rykte som "miljöbränsle". Samtidigt innebar perioden (2005-2008) kraftiga prisstegringar på olika jordbruksgrödor, och en rad rapporter publicerades som kopplade fenomenet till den ökade odlingen av etanolgrödor.⁴⁰

I den fjärde generationens rapporter (2008) sår man ihop alla dessa effekter inom ramen för teoretiskt konsistenta modeller. Här analyserar man etanolens kolbalans och inverkan på olika marknader med hjälp av ekonomisk teori och en förståelse för marknadsmekanismens funktioner. Den banbrytande artikeln är här Searchinger et al (2008), men flera andra artiklar har följt.⁴¹ Hur miljö- och priseffekterna hänger ihop visades i förra kapitel 1.

3.2 Empiriska beräkningar

I detta arbete skall vi utgå från fyra delar av etanolens VHG-effekt, nämligen:

- a) Utsläppen från framställningen av respektive bränsle.
- b) Utsläppen vid användningen av bränslet.
- c) Utsläpp som kommer av ändrad markanvändning.
- d) Upptag som kommer från etanolgrödans tillväxt.

De effekter som inte finns med är, som tidigare nämnts, den ökning av bränslekonsumtionen som sker i och med att etanolproduktionen vanligen innehåller kraftiga subventioner. Vi tar heller ingen hänsyn till hurvida det rör sin om utsläpp som sker i länder som omfattas av Kyotoprotokollet eller ej. Inte heller tar vi hänsyn till överenskommelser som t.ex. handeln med utsläppsrätter inom EU. Alla beräkningar nedan riktar in sig på de fysikaliska effekterna, alltså vad en viss etanolanvändning leder till i form av utsläpp och upptag, oberoende av konventioner och internationella överenskommelser. Detta diskuteras vidare i kapitel 6.

Beräkningarna grundar sig i huvudsak på två modeller, dels en modell för energiförbrukningen i tillverkningsledet samt upptaget

⁴⁰ Andra orsaker som fördes fram var Indiens och Kinas snabba tillväxt, torka och dåliga skördar i Ukraina och Australien samt det stigande oljepriset.

⁴¹ T.ex. Lywood (2009), Saxton et al (2008), Malillo et al (2009) och Searchinger et al (2009).

(alltså punkterna a, b och d ovan), den s.k. "GREET"-modellen⁴², dels den modell som används av Searchinger et al (2008) och som framförallt koncentrerar sig på markanvändningseffekten (c ovan). Den senare modellen utgår från de pris- och kvantitetsförändringar som uppkommer om man t.ex. omvandlar 1 hektar "fodermajs" till 1 hektar "etanolmajs". För att ge ett exempel: om etanolproduktionen i USA skulle öka med 1 miljon ton per år kan man med Searchingers modell räkna ut:

- (i) Vilka prisförändringar (på majs, soja, vete, etc) detta skulle medföra.
- (ii) Vad detta skulle innebära i form av brukad areal i olika världsdelar. (Hur mycket nyodlingar samt vilken typ av land som odlats upp.)
- (iii) Vad alla dessa förändringar skulle innebära i form av utsläpp av CO₂e jämfört med bensin.

Båda dessa modeller kompletteras givetvis med data från en rad andra rapporter, huvudsakligen dock forsknings- och sammanfattningar.

3.3 Etanolens koldioxideffekt-tillverkning

Som påpekades i inledningen var den första kritiken mot etanolens påstådda klimatneutralitet det faktum att tillverkningen använde mycket mer energi än t.ex. framställning av bensin. Den förmodligen mest använda modellen för framställningskostnader för olika typer av etanol finns i GREET. Den utgår från amerikanska förhållanden, men är nog den mest accepterade modellen för att mäta produktionens VHG-utsläpp.⁴³

GREET-modellen skiljer på två steg i tillverkningen, nämligen

1. *Råvarutillverkning och transport*, dvs. effekter som härrör från produktion och borrhning efter olja och transport till raffinaderier eller (då det gäller etanol): produktionen av råvaran

⁴² GREET står för Greenhouse gases, regulated emissions and energy use in transportation (computer model). Den är utvecklad vid center for Transportation, Research, Energy Systems Division, Argonne National Laboratory, Argonne, Illinois. Se www.transportation.anl.gov/modeling_simulation/GREET/.

⁴³ Det finns även europeiska modeller, se t.ex. JRC (2008) sid 25ff. Resultaten skiljer sig inte nämnvärt.

- majs (vete , sockerrör) med hjälp av gödsling⁴⁴, traktorbränsle och andra insatsvaror.
2. *Produktionen*, dvs. raffinering resp. hydrolys, jäsning och destillering av bensin respektive etanol.

Dessa båda effekter tänks ske kontinuerligt: transporter, produktion, förbränning och upptag per tidsenhet, t.ex. ett år.

I modellen mäts alla utsläpp i CO₂-ekvivalenter per erhållen enhet energi. I Searchinger et al antar man sedan att ett genomsnittsfordon som drivs av etanol kan köra 7,15 km på 1 liter etanol⁴⁵, ett antagande som vi behåller i alla våra beräkningar. Genom detta kan man direkt räkna ut utsläppen per transportkilometer vilket är den grundläggande enhet som vi använder i detta arbete för att beskriva utsläpp och upptag. Följande tabell erhålles⁴⁶:

Tabell 3.1 Utsläpp av växthusgaser, gram CO₂-ekvivalenter per km (transportarbete) för olika bränslen.

Bränsle	Råvarutillverkning och transport	Produktion	Totalt
Bensin	11	47	58
Etanol från majs	72	121	193
Etanol från energigrödor på åkermark	29	29	58
Sockerrör	?	?	60

Vad som är värt att observera här är de låga utsläppen för tillverkning av etanol från energigrödor (t.ex. Salixgräs) på åkermark. Skälet är att man här antar att etanoltillverkningen sker

⁴⁴ Gödslingen av fält med etanolgrödor innebär inte sällan betydande utsläpp av N₂O, en växthusgas 300 gånger mer aggressiv än CO₂. I JRC (2006) visas att 15-60% av VHG från odling av biogrödor på nyodlingar inom EU kommer från just N₂O. Nobelpristagaren JP Crutzen och hans kollegor (Crutzen et al, 2007) publicerade nyligen en artikel där de hävdar att biobränslen släpper ut mer VHG i form av N₂O än vad man sparar i CO₂ i fossila bränslen och att IPCC kraftigt underskattar utsläppen av N₂O från jordbruket, med en faktor 3-5. Rapporten har emellertid kritiserats, och en empirisk undersökning inom EU (JRC, 2008 sid 12) visade att visserligen underskattades N₂O-utsläppen av IPCC, men att utsläppen inte var så stora som Crutzen et al hävdade.

⁴⁵ För energinnehållet i olika drivmedel, se JBV (2006) sid 16. Observera att transportmängden grundas på ett "genomsnittsfordon" alltså inte bara personbilar. Det har visat sig omöjligt att få fram motsvarande siffror för Sveriges del - förmodligen är dessa lägre. Detta har dock ingen som helst betydelse för de kalkyler vi gör nedan. Det påverkar antalet km ett genomsnittsfordon kan köra (på bensin eller etanol) men har ingen betydelse för mängden utsläpp per enhet bränsle.

⁴⁶ För en alternativ beräkning (dock utan angivande av uppdelning på olika produktionssteg), se Börjesson et al (2009) sid 36.

med hjälp av energiinnehållet i grödan själv och att man alltså inte behöver någon extern energikälla. Då det gäller majs (och andra jordbruksgrödor, se Lywood (2009)) går överskottet istället till djurfoder.

GREET-modellen används inte för etanol som framställs av sockerrör, t.ex. den produktion som sker i Brasilien. Siffran i tabell 3.1 baseras på egna beräkningar, grundade på data från Macedo et al (2008). I artikeln redovisas en undersökning med noggranna beräkningar baserade på data från 44 etanolfabriker med en totalproduktion på cirka 100 Mt sockerrör per år. Deras slutsats är att råvarubehandlingen plus produktionen genererar 417-436 g CO₂e per liter producerad etanol. (De prognostiserar dock att den siffran kommer att falla till cirka 330 gram år 2020, främst för att man istället för att bränna fälten skall samla in avverkningsresterna och använda dem som energikälla.)

Ett genomsnitt för Macedos studie är 427 gram CO₂e för plantering, transport och tillverkning av 1 liter etanol. Eftersom man uträttar 7,15 km transportarbete med 1 liter blir alltså utsläppen för råvarubehandling och produktion = $425/7,15 = 60$ gram CO₂e per km.

3.4 Förbränning och koldioxidupptag

I den huvudmodell som här används antas schablonmässigt att CO₂ – utsläppen vid förbränning (alltså körning) blir 220 g per km för bensin och 215 för etanol⁴⁷. Detta gäller naturligtvis oavsett på vilket sätt etanolen framställs.

Förbränningen vid användningen har sin motpol i det upptag (av koldioxid) som sker när etanolgrödorna växer. Detta upptag (som givetvis är noll för bensin) sätts – också det schablonmässigt – till 188 g CO₂e per körd km i Searchinger et al (2008). (Se dock kommentar under tabellen nedan). Allt tänks alltså fungera på följande sätt: En viss area producerar under ett år en viss mängd etanolgrödor. Plantering av grödorna samt produktionen av etanolen leder till vissa VHG-utsläpp. Under året har grödan vuxit upp och sugit upp en viss mängd koldioxid från atmosfären. Den etanol som framställts har medfört att ett fordon kunnat köra en viss sträcka och under denna körning har fordonet släppt ut en viss

⁴⁷ En viss volym bensin innehåller ca 48% mer energi än samma volym etanol, men förbränningen av etanol är något effektivare.

mängd VHG. Sammanfattningsvis kan man alltså för varje hektar som används till etanolgrödor beräkna totala utsläpp, totalt upptag och antal körda km under en bestämd tid. Totalt ger detta följande tabell:

Tabell 3.2 Utsläpp (+) och upptag (-), mätt med CO₂-ekvivalenter, gram per km för olika bränsleslag. Et= Etanol

Bränsle	Råvara + produktion	Förbränning	Upptag	Summa
Bensin	+58	+220	0	+278
Et. Majs	+193	+215	-188	+221
Et. Biomass.	+54	+215	-188	+83
Et. Sock.rör	+60	+215	-215	+60

Utan hänsyn till ändrad markanvändning (kolskulden) säger oss alltså tabellen att en km körd med "majsetanol" ger 221 gram CO₂e i utsläpp. Motsvarande tal för bensindrifv är 278 och för sockerrörsetanol 94. Som framgår ger här etanolen betydande utsläppsbesparingar i förhållande till bensin, bortåt 70-80% för etanol från biomassa och sockerrör och ca 20% om etanolen kommer från majs. Dessa siffror ligger väl i linje med vad andra studier visar.⁴⁸

Det finns dock ett mindre fel i ovanstående tabell, ett fel som kunde uppdagas först efter en livlig mailkorrespondens mellan GREET-modellens konstruktörer (Professor Wang och professor Burnham) och författarna bakom artikeln av Searchinger et al (2008). Som framgår är upptaget mindre än utsläppen vid förbränning, vilket förefaller fysikaliskt underligt eftersom det skulle betyda att kol tillsattes etanolen under tillverkningsprocessen. Förklaringen är dock följande: GREET-modellen utgår från siffran över "making feedstock" alltså tillverkning av etanolgrödan. Det är nettot av koldioxidupptag och de utsläpp som orsakas av gödsling (NO₂) traktorbränsle mm. Searchinger et al fann sedan på ett ganska undanskymt ställe i GREET-modellen en

⁴⁸ Se t.ex. Farell (2006) , som menar att etanol från majs i USA har en CO₂e-besparande effekt även om den är liten. Men Farell beaktar inte de indirekta effekterna (se nedan) som Searchinger et al tar upp. Dessutom använder Farell sig av referensvärden från IPCC angående N₂O- effekten, där IPCC direkt konstaterar att osäkerheten (mätt med standardavvikelsen) kring dessa värden är mycket större än den mängd CO₂ som man sparar. Rent statistiskt innebär detta att inte ens om man bortser från de indirekta effekterna på markanvändningen så kan man från IPCCs data dra slutsatsen att etanol sparar (eller ökar) VHG-utsläppen.

konkret siffra för ”uptake”, nämligen 188 g/km. De härledde då utsläppssiffran för ”Råvara + produktion” genom att från GREETs siffra för ”making feedstock” subtrahera den angivna siffran för ”uptake”. Siffran för ”förbränning” är given av tekniska data. Summan av allt detta är att även om siffran för ”uptake” ovan är för låg så har detta ingen betydelse för skillnaden mellan upptag och utsläpp. En ökning av ”uptake” till samma nivå som ”förbränning” (vilket rekommenderas av Dr. Andrew Burnham som arbetar med GREET-modellen) leder alltså till att utsläppen under ”Råvara + förbränning” ökar varvid utsläppsnettot blir konstant⁴⁹. I våra beräkningar nedan utgår vi därför från upptags-siffran 215 g/km.

3.5 Markanvändningseffekten

Till den koldioxideffekt som kommer av tillverkning och förbränning måste man emellertid lägga effekter av markanvändningen. De kan dels vara direkta, om man t.ex. tänker sig att en odling av (etanol-)grödan sker på en tidigare obrukad mark, dels indirekta, då odlingen innebär att en brukad mark (t.ex. en betesmark eller en mark som används för spannmålsproduktion) tas i anspråk för den aktuella grödan. I det första fallet blir (växthusgas-) effekten enbart den då man odlar marken (uppluckring, nedhuggning av skog etc.), i det andra påverkas priserna vilket i sin tur leder till ändrad markanvändning någon annanstans i världen.

Det finns gott om konkreta exempel på prisseffekten.⁵⁰ I JRC (2008) sidan 9 nämns t.ex. den stora ökningen av sojabönsodlingar vilket bl.a. har sitt upphov i sockerrörsodlingar på tidigare betesmark samt i den foderbrist som den amerikanska odlingen av majsetanol orsakat. I en annan studie (Nelson et al, 2008) förutsägs att en ökning av majspriset med 25% och sockerpriset med 10% som en följd av den pågående satsningen på etanol, och att detta leder till nyodlingar i världen omfattande över 100 miljoner hektar. I Mitchell (2008 sid 10) visas hur odlingsarealerna för majs och sojaböner i USA påverkats. När majsproduktionen steg drastiskt 2006 pga. kraftigt ökad efterfrågan på etanol så minskade direkt odlingen av sojaböner eftersom man omvandlade sojabönsodlingar

⁴⁹ Upptags-siffran för sockerrör utgår från likheten mellan upptag och utsläpp vid förbränning.

⁵⁰ En sammanfattning av flera konkreta studier på området gör i en kongressrapport från 2009 (CBO, 2009) sid 16.

till majsodlingar. (Majsodlingarna ökade med ca 6 miljoner hektar medan sojaodlingarna föll med nästan lika mycket.) I sin tur medförde detta att priset på sojabönor steg, vilket stimulerade nyodlingar med soja på andra håll i världen. I samma källa visas hur odlingen av oljevaxter i EU (som används till biodiesel) ökade medan odlingen av vete stagnerade trots stigande världsmarknadspriser på vete. I de åtta största veteexporterande länderna ökade raps- och solrosodlingarna med 8,4 miljoner hektar mellan 2001 och 2007 medan odlingsarealerna för vete föll med 1%.

De största markanvändningseffekterna verkar komma från odlingarna av palmolja i Indonesien och Malaysia. I en studie från en expertgrupp knuten till EU-kommissionen⁵¹ skriver man att den ökade användningen av palmolja inom EU förmodligen lett till ökade CO₂e-utsläpp som varit väsentligt större än den besparing som skett genom planteringarnas upptagning. Den ökade användningen av biodiesel inom EU har alltså enligt denna rapport ökat utsläppen inom EU istället för att minska dem.

Det är viktigt att inse att effekterna ofta är indirekta: om man odlar majs i USA så kan ett av resultaten bli en kompensationsodling i Brasilien. Ett vanligt argument i den svenska etanoldebatten är t.ex. att Brasiliens sockerrörsodlingar ligger långt från alla regnskogar varför dessa inte påverkas. Men då man odlar sockerrör på betesmark i södra Brasilien kan mycket väl regnskog i landets norra del påverkas genom att ny betesmark anläggs där.⁵² I en nyligen genomförd studie⁵³ sägs uttryckligen att *"A detailed GIS study shows that soyabean is encroaching directly and by displacement on rainforest and refutes the claim that agricultural intensification does not lead to new deforestation."* I denna studie fann man ett direct samband mellan sojabönspriset och avskogningen (korrelationskoefficient = 0,72).

⁵¹ JRC(2008) sid 10.

⁵² Påtagliga bevis för dessa indirekta effekter i Brasilien finns t.ex. i Almirall (2008). Hon visar t.ex. att den totala uppodlingen i Brasilien ökat från ca 37 miljoner ha år 1973 till cirka 61 miljoner 2005. Nyodlingen i Amazonasområdet ökade från ca 2,5 miljoner ha till nära 13 miljoner. Endast en liten del av denna nyodling i Amazonas kom från sockerrör, men en stor del från t.ex. sojabönor som är ett direkt substitut till majs och som skulle kunnat odlas på de marker där sockerrörsodlingarna nu ägde rum. Till detta hör att de gräsland (Cerradon) där sockerrören odlas, är synnerligen känsliga ur ekologisk synpunkt (Almirall s 3, Swedwatch, 2009).

⁵³ Morton et al (2006).

3.6 Markanvändningen, antaganden

De empiriska värdena om markeffekterna grundas (utom vad avser sockerrörsetanol från Brasilien) på resultaten i Searchinger et al (2008). Dessa beräkningar utgår från en tänkt fördubbling av USAs nuvarande program för etanolförbrukning år 2020, från ett mål om 56 mdr. liter till målet 112 mdr. liter. Därefter beräknas prisseffekterna under följande antaganden:

1. Nya grödor behöver inte ersätta allt majs som används till etanol eftersom tillverkningen av etanol ger överskottsfoder motsvarande ungefär en tredjedel av majsproduktionen.
2. När majs används till etanol så överförs tidigare "vetearealer" och "sojabönarealer" till ny majsodling för att kompensera bortfallet av djurfoder. Detta ökar majspriserna med 40%, sojabönor med 20% och vete med 17%. Detta sänker efterfrågan på kött och andra produkter något varför hela bortfallet av vete, sojabönor etc. inte behöver ersättas⁵⁴.
3. Som ett resultat av den minskade livsmedelsproduktionen så faller USAs export av majs med 62%, vete 31% sojabönor 28%, fläsk 18% och kyckling 12%.
4. När andra länder skall ersätta bortfallet av livsmedelsproduktion används i regel större arealer eftersom (areal-)produktiviteten är lägre än i USA.

3.7 Markanvändningseffekten, resultat

Kalkylerna visade att ökningen av 56 mdr. liter etanol från majs skulle kräva 12,8 miljoner ha i odlingar i USA. Detta skulle via förändringar i världsmarknadspriserna leda till att 10,8 miljoner ha tidigare obrukad jord uppodlades på andra håll i världen, bl.a. 2,8 miljoner ha i Brasilien, 2,3 miljoner ha i Kina och 2,2 miljoner ha i USA.

Utsläppen av koldioxid av denna nyodling beror på vilket slag av land som omvandlas⁵⁵. I analysen fördelas nyodlingarna på olika

⁵⁴ Den sänkta efterfrågan på kött borde ge upphov till minskade utsläpp av VHG, men Searchinger et al räknar inte med någon sådan effekt.

⁵⁵ Ett nyligen publicerat utkast till studie (Lywood, 2009) använder sig av ungefär samma utgångsvärden vad avser markanvändning som Searchinger et al (2008). Lywood utgår från historiska data och finner t.ex. att då det gäller palmolja är det till 80-100% mark som tidigare varit skog som används. För sojabönor varierar andelen f.d. skogsmark från ca 50%

blandningar av skog, savann och stäpper. Blandningen baseras på fördelningen av nyodlingar som kunnat observeras under 1990-talet i respektive region i världen, och man antog att 25% av kolet i jorden släpptes ut plus det kol som var bundet i växtligheten⁵⁶. För avverkningsmogna skogar räknades utsläppen helt enkelt som det kol som var bundet i träden. För växande skog räknade man det ”upptag” under 30 år som eljest skulle ha skett på dessa marker. Omvandlingstalen (alltså talen som gav CO₂-utsläppen vid omvandlingen av t.ex. 1 hektar stäpp till 1 hektar odlad jord) överensstämde ungefär med de som används av IPCC. Resultatet blev ett utsläppsnetto motsvarande ett genomsnitt på 351 ton CO₂e per omvandlad hektar. Följande resultat erhöles: (Observera att utsläppen som är en engångseffekt, är här beräknat per km över 30 år (här kallat 30 års amortering). Om man räknar över 60 år blir siffran halverad, över 15 år fördubblad osv.)

Tabell 3.3 Utsläpp på grund av markanvändning, mätt med CO₂ – ekvivalenter, gram per km, 30 års amortering

Bränsle	
Bensin	0
Etanol från majs	316
Etanol från energigrödor	336
Etanol från sockerrör	170

Siffrorna ovan är baserade på en 30 års-period. Man kan även uttrycka saken på följande vis: om man vill framställa etanol (från majs) som räcker till 1 km körning varje år i framtiden så genererar det ett utsläpp vid markomvandlingen lika med $316 \times 30 = 9\,480$ gram CO₂e⁵⁷.

Utsläppen för etanol som kommer från majs kan jämföras med utsläppen som orsakas av t.ex. etanolframställning grundad på europeiskt fodervete. Även här gäller att en minskning av foderodlingarna ger upphov till prissignaler som leder till ändrad markanvändning på andra håll i världen. Produktionen vid det

(Brasilien, Paraguay) till 0% i USA. För sockerrör är det i stort sett bara stäpper som odlas. Se Lywood Appendix 3.

⁵⁶ Searchinger et al anser att detta är en mycket låg skattning.

⁵⁷ Rent faktiskt sker utsläppen till 90% över ett par år. Anledningen till att de här uttrycks baserade på en 30-årig amortering är att vi följer den praxis som etablerats av Searchinger et al.

svenska företaget Agroetanol kommer t.ex. vid full drift (en årlig produktion om ca 210 000 m³) att ta i anspråk ca 100 000 hektar mark. Man kommer att förbruka cirka 550 000 ton spannmål, men av detta kan bortåt en tredjedel, alltså ca 175 000 ton användas till foder.

Observera att dessa siffror gäller oavsett om odlingen sker på icke tidigare odlad jord eller på existerande jordbruksland. Om det sker på icke odlad jord (t.ex. stäpper) sker utsläppen på samma plats som odlingen. Om man använder existerande jordbruksmark innebär det ett produktionsbortfall (av t.ex. fodervete) som ersätts någonstans i världen av en nyodling.

Värdena i tabell 3.3 baseras för majs och energigrödor på beräkningar i Searchinger et al. Värdet för sockerrör baseras på egna beräkningar. Utsläppen från en uppodlad stäpp varierar mellan 75 och 305 ton CO₂e per ha medan en omvandlad skog ger utsläpp på mellan 604 och 1 146 ton per ha⁵⁸. Om vi antar att för Brasiliens del gäller att minst 80% av sockerrörsodlingarna sker på stäpp som inte används för bete eller annat, så verkar ett antagande om ett genomsnitt på 200 tons utsläpp rimligt. Eftersom det produceras cirka 5 500 liter etanol per ha (och år) odlad sockerrör⁵⁹, innebär det att man kan köra 39 325 km per år med skörden från ett ha. Med 30 års amortering betyder detta att engångsutsläppen blir ca 170 g CO₂e per km. Detta är det värde vi kommer att använda för sockerrörsetanol från Brasilien.

Om man nu tar tabell 3.2 och 3.3 sammantaget kan vi teckna formlerna för VHG-utsläppen för olika bränslealternativ. Vi antar då att T betecknar åren som gått sedan etanolen började användas (alltså marken odlades) och S det antal km man kört per år med etanolen. Vi får då följande tal för de ackumulerade utsläppen mätt i gram CO₂e:

⁵⁸ Searchinger et al (2008) s 1237.

⁵⁹ I FAO (2008) sidan 21 anges att det produceras i genomsnitt 4 500 liter etanol per hektar vid sockerrörsodlingar. Om de värden som anges i JBV (2008) används när man siffran 6 500 liter/hektar. Medeltalet av dessa två blir cirka 5 500 liter.

Tabell 3.4 Nettoutsläpp av CO₂e, mätt i gram av en etanoltillverkning som börjar då T=0. T = antal år efter nyodlingen av etanolgrödan, S= det årliga antal km körning som tillverkningen odling möjliggör. (7,15 km/liter etanol.)

Bränsle	Akkumulerade nettoutsläpp
Bensin	$278 \cdot T \cdot S$
Etanol från majs, vete, ris, etc.	$316 \cdot 30 \cdot S + 221 \cdot T \cdot S$
Etanol från energigrödor	$336 \cdot 30 \cdot S + 83 \cdot T \cdot S$
Etanol från sockerrör	$170 \cdot 30 \cdot S + 60 \cdot T \cdot S$

Ett exempel kan illustrera hur utsläppsberäkningar nu går till. Antag att etanolförbrukningen i ett land ökar med 100 000 liter. Enligt antagandena räcker det till körningar motsvarande 715 000 km, dvs. $S = 715\,000$. Om vi antar att den ökade mängden etanol görs av majs, så leder förbrukningen till nyodlingar som ger en markeffekt motsvarande $316 \cdot 30 \cdot 715\,000 \text{ g} = 6,778$ tusen ton CO₂e. Efter tio år tillkommer utsläppen då de 100 000 litrarna används som fordonsbränsle vilket ger utsläpp = $221 \cdot 10 \cdot 715\,000 \text{ g} = 1,580$ tusen ton CO₂e. Totalt leder alltså den ökade konsumtionen till utsläpp som ackumulerat under tio år uppgår till 8,358 tusen ton CO₂e. Hade motsvarande transportarbete utförts med bensindrivna fordon skulle utsläppen blivit = $278 \cdot 10 \cdot 715\,000 = 1,99$ tusen ton, dvs. bortåt 6 tusen ton mindre.

Etanolens "återbetalningstid" fås genom att likställa (de ackumulerade) utsläppen från etanolen med de från bensin och lösa ut tiden. För spannmålsetanol ges alltså tiden t^* av ekvationen:

$$278 \cdot T \cdot S = 316 \cdot 30 \cdot S + 221 \cdot T \cdot S$$

Genom att förkorta bort S erhålls lösningen ($T=$) $t^* = 163$ för majsetanol. För etanol från energigrödor blir lösningen $t^* = 52$ och för sockerrör blir återbetalningstiden $t^* = 23$.

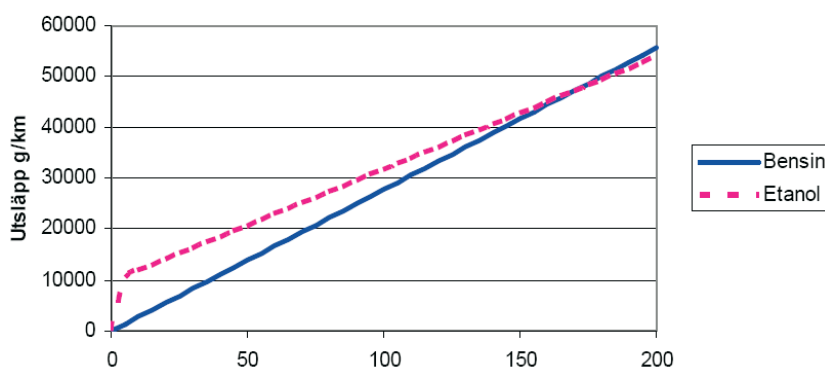
Resultaten beror på tre strategiskt viktiga förhållanden. (1) Efterfrågan på mat (och djurfoder) är en indirekt efterfrågan på livsmedel, (i detta fall kött) vilken är oelastisk vilket gör att ett bortfall av produktion någonstans leder till en nästan lika stor ökning någon annanstans. (2) Att ta upp en nyodling är det snabbaste sättet att kompensera ett produktionsbortfall, inte minst för att det finns mycket jord kvar att odla upp: enbart i Brasilien cirka 100 milj ha och bortåt en halv miljard ha på hela jorden (räknat skogsarealer). (3) Den stora effekten är att etanolens

kolbesparing ligger långt under vad en viss areal innehåller och släpper ut vid omvandling. Enligt GREET-modellen så leder 1 ha majsodling som används till etanol till CO₂e- minskningar på 1,8 ton per ha och år⁶⁰. Men varje ha omvandlad skog ger, som nämnts ovan, utsläpp på mellan 604 och 1 146 ton och varje ha savann eller stäpp mellan 75 och 305 ton.

3.8 Koldioxideffekten i diagramform

De ovanstående ekvationerna ger den totala koldioxideffekt som uppkommer av etanolproduktion. Det kan emellertid vara intressant att se de grafiska lösningarna. Först produktionen av etanol med majs.

Figur 5 Ackumulerade utsläpp av koldioxid från bensin resp. majsetanol vid ett givet årligt transportarbete

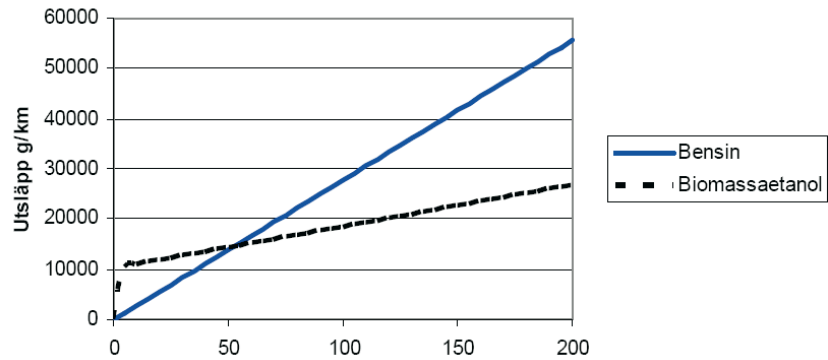


Figur 5 avser alltså koldioxidutsläppen per årskilometer transportarbete. Efter 50 år kommer då en bil körd på majsetanol att ha orsakat koldioxidutsläpp lika med ca 20 000 g per årskilometer, dvs. 20 kg per årskm. Jämvikt nås (se ovan och figuren) efter 163 år, men ännu efter 200 år är etanolens VHG-besparing helt obetydlig jämfört med om man använt bensin.

I nedanstående figur utvisas jämförelsen mellan ”biomasse-etanol” och bensin.

⁶⁰ Som nämnts räknar man i GREET-modellen inte med några (nämnvärda) markanvändningseffekter.

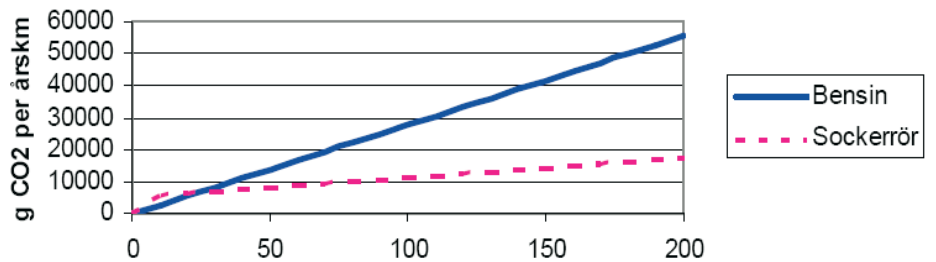
Figur 6 Ackumulerade utsläpp av koldioxid från bensin resp. biomassaetanol vid ett givet årligt transportarbete



Som framgår blir resultatet här väsentligt annorlunda jämfört med majsetanolen. Nu nås återbetalningstidpunkten redan efter 50 år. Och efter 100 år har man med etanolen sparat cirka 10 kg koldioxid per årskilometer. Som framgår finns dock en stor initial förlust, ca 10 kg de första 25 åren.

Slutligen visas nedan figuren för sockerrörsetanol.

Figur 7 Ackumulerade utsläpp av koldioxid från bensin resp. sockerrörsetanol vid ett givet årligt transportarbete



Som framgår blir återbetalningstiden här ganska kort, cirka 23 år. Efter 100 år har sockeretanolens sparat in motsvarande ca 17 kg CO₂e per årskilometer, dvs. ca 60% av vad ett bensindrivet fordon släppt ut.

I appendix diskuteras några ytterligare aspekter på etanolens koldioxideffekt, t.ex. vad som sker då konsumtionen stagnerar eller minskar.

4 Den svenska etanolkonsumtionens koldioxideffekter

Genomgången av utsläppen från etanol visade att det går en skarp gräns mellan den etanol som kommer från odlingar av jordbruksgrödor och den som kommer från biomassa eller sockerrör. För Sveriges del hävdas ofta att huvuddelen av vår etanolkonsumtion är baserad på brasilianska sockerrör och att vårt etanolprogram därför är speciellt miljövänligt. I analysen från Swedwatch⁶¹ hävdas t.ex. att *”ungefär 90% av den etanol som går till E85 i Sverige kommer från Brasilien”*. På Naturskyddsföreningens hemsida meddelas att *”Den etanol som säljs i Sverige ska enligt de statliga verken inte bidra till avverkning av regnskog. Till cirka 70 procent är den tillverkad av sockerrörsrester, övriga 30 procent produceras av rester från pappersmasseindustrin”*.

Det är dock svårt att få denna bild av brasiliansk etanol-dominans bekräftad av den officiella statistiken. Som visas nedan ger den senare en mycket mer komplex bild, och försöken att via branschexperter bringa klarhet i frågan har misslyckats. Författaren har t.ex. upprepade gånger till SEKAB (en av landets stora importörer av etanol) ställt den enkla frågan om hur stor andel av företagets import som kommer från Brasilien, men aldrig fått något svar⁶². Inte heller har det från branschen, myndigheter eller oberoende experter gått att få en förklaring till det egendomliga förhållandet (se nedan) att Sverige både importerar och exporterar stora mängder etanol, inte sällan från och till samma länder⁶³.

⁶¹ Swedwatch (2009), sid 9.

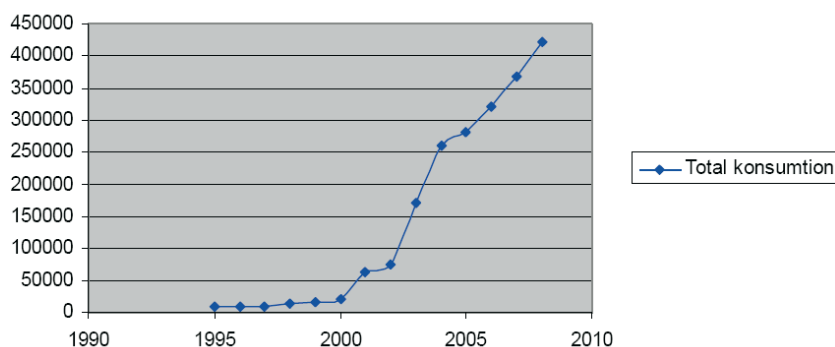
⁶² Undantagandes ett svar som erhöles från en f.d. anställd vid ett personligt möte. Då gissade denne att cirka 90% av SEKABs etanol kom från Brasilien.

⁶³ En tänkbar förklaring är att det rör sig om olika slag av etanol, en annan att Sverige utnyttjats som tillfällig förvaringsplats och en tredje att etanolen på något sätt förädlats i

4.1 Sveriges konsumtion och produktion av etanol

En analys av svenska förhållanden kan lämpligen börja med den svenska konsumtionen. Här gör Energimyndigheten varje år en uppskattning av skattebefriade biodrivmedel till den svenska marknaden. Dessa rapporter⁶⁴ visar följande konsumtionsutveckling:

Figur 8 Den svenska konsumtionen av bränsleetanol 1995-2008. Tusentals liter.



Här framgår att den svenska konsumtionen av bränsleetanol stigit raskt efter år 2000, och uppgår nu (2008) till dryga 420 000 m³. I Energimyndighetens statistik⁶⁵ för år 2008 framgår att den låginblandade etanolen stod för ca. 235 000 m³ medan inblandningen i E85 och E92 och övrig användning inom transportsektorn stod för en förbrukning om ca. 184 000 m³. Den totala förbrukningen av bränsleetanol beräknas till år 2010 stiga till dryga 500 000 m³.

Huvudfrågan för en bedömning av miljöeffekten är nu varifrån denna etanol kommer. Låt oss då först konstatera att en del produceras i Sverige. Statistiken är inte öppen, men muntliga uppgifter till författaren tyder på att SEKAB producerat ca. 15 000 m³ årligen i sulfitfabriken i Domsjö. Till detta kommer produktionen vid Agroetanols spannmålsfabrik i Norrköping, en fabrik som togs i drift 2002. Här pendlade produktionen mellan 50 000 och 60 000 m³ åren 2002-2008. År 2009 beräknas den öka till

Sverige innan den exporterats. Alla dessa tänkbara förklaringar har dock avvisats av de branschspecialister som författaren kontaktat.

⁶⁴ Energimyndigheten (2001-2003), (2009).

⁶⁵ Tabell 4.3 Slutlig energianvändning. Inrikes transporter.

ca. 150 000 m³ för att 2010 nå full kapacitet, ca. 210 000 m³. Från 2010 år har vi alltså att räkna med en inhemsk produktion om ca. 225 000 m³ etanol.

Det är nu realistiskt att först anta att i stort sett all svensk produktion gått till konsumtion i Sverige⁶⁶. Då det gäller importen finns betydande svårigheter att klarlägga förhållandena⁶⁷. Importen redovisas (i SCBs handelstatistik) under tre olika beteckningar beroende på i vilken form etanolen tas in i landet.

- Import av etanol som kemisk produkt: Om etanolen är blandad med en annan produkt, t.ex. bensen, kan den importeras som en kemisk produkt (KN-nr. 3824 90 99) vilken har en tull om 6,5% av varuvärdet. Import av E85 och ED95 sker under denna tullsats.
- Import av odenaturerad etanol: Etanol som används som låginblandning måste importeras som odenaturerad etanol (KN-nr. 2207 10 00) för att åtnjuta skattebefrielse. Odenaturerad etanol har en tullsats på 19,2 euro per 100 liter⁶⁸.
- Import av denaturerad etanol: Denaturerad etanol (KN-nr. 2207 20 00) används främst till produktion av E85. För denaturerad etanol är tullsatsen 10,60 euro per 100 liter. Omfattningen av import av etanol på denna tullsats är begränsad.

Som om inte detta vore nog besvärligt så ändras KN-numren på ett ganska oförklarligt sätt. För E85 gäller KN 3824 90 99 bara åren 2002-2006. År 2007 redovisas handeln med nummer 3824 90 98, och för 2008 med KN-nr. 3824 90 97. Det har inte gått att erhålla en vettig förklaring till dessa omnumreringar.

Med denna statistik kunde det förefalla enkelt att reda ut varifrån den svenska etanolen kommer. Det finns dock två komplicerande omständigheter. Först gäller att handeln inte löper i enbart ena riktningen, utan i båda. Sverige både importerar och exporterar stora kvantiteter etanol av alla tre tullklasserna. För den dominerande kategorin (odenaturerad etanol) importerade vi t.ex.

⁶⁶ De branscheexperter som författaren talat med håller med om att det är osannolikt att svensk etanol skulle exporteras samtidigt som annan etanol importerades.

⁶⁷ Nedanstående analys bygger helt på officiell statistik, främst SCBs handelsstatistik. I JBV (2006) använder man sig istället av statistik från konsultbolaget F.O. Lichts och kommer till delvis annorlunda resultat. Ibid sid 69ff.

⁶⁸ Här finns dock sedan något år s.k. "certifierad etanol" (SEKAB, 2009) som enligt uppgift enbart belastas med en tullavgift som är hälften så stor, dvs. ca. 1 kr/litern.

år 2008 ca. 350 000 ton samtidigt som vi exporterade 150 000 ton. Redan dessa mängder är anmärkningsvärda, men lika underligt är länderfördelningen: vi importerade t.ex. 177 000 ton från Nederländerna, men exporterade 90 000 ton till Belgien. Vi importerade 20 000 ton etanol från Spanien (till ett pris av 6,63 kr/liter) och exporterade samtidigt 33 000 ton (till ett pris av 6,56 kr/liter !) Trots ivriga eftersökningar både hos myndigheter och etanolhandlare har det inte gått att få någon rimlig förklaring på detta handelsmönster.

För perioden 2002-2008 ser de totala siffrorna ut som följer.

Tabell 4.1 Sveriges import och export av etanol 2002-2008 fördelat på olika tullklasser, tusentals ton.

KN-nummer	Import	Expert	Nettoimport
220710	885	287	598
220720	167	67	100
382490-99	881	356	525
Summa (omräknat till ren etanol)			1 144

Enligt handelsstatistiken skall vi alltså 2002-2008 haft en nettoimport om 1 144 Mton. Om vi räknar om detta till m³ samt lägger till den troliga svenska produktionen under dessa 7 år (ca. 490 000 m³) erhåller vi en siffra för totalkonsumtionen på 1 920 000 m³. Denna skall jämföras med den siffra Energi-myndigheten uppger för leveranser till svenska kunder för samma period vilken är 1 897 000, dvs. 99% av den siffra vi erhållit. *Vi tar detta som intäkt för att de totala handelsiffror vi har stämmer.*

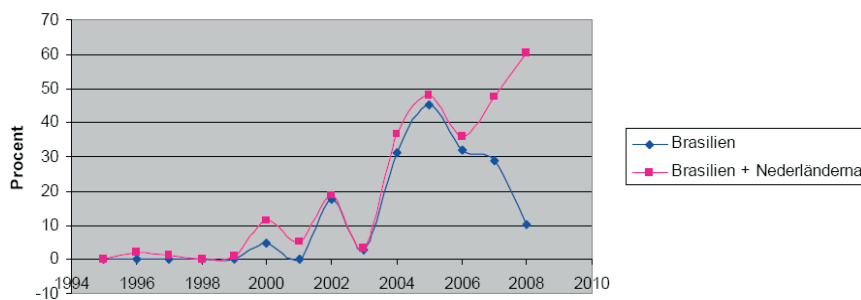
Återexporten är en komplicerande faktor för att bestämma ursprungslandet, men lika komplicerat är att etanol från olika delar lagras på olika stället i världen innan den transporteras till den slutliga bestämmelseorten. För Sverige gäller t.ex. ett den största delen av vår etanolimport kommer från Nederländerna, något som givetvis förklaras av att Rotterdam är den stora europeiska omlastningshamnen. För perioden i sin helhet (2002-2008) ser siffrorna ut på följande vis:

Tabell 4.2 Brasiliens och Nederländernas andel av den svenska etanolimporten 2002-2008

KN-nummer	Andel Brasilien	Andel Brasilien + Nederländerna
220710	21%	45%
220720	0%	58%
382490-99	24%	40%

För året 2008 ensamt var Brasiliens andel i den totala etanolimporten 9% men Brasilien plus Nederländerna cirka 60%. För den största importen, etanol för läginblandning, ser importandelarna ut som visas i nedanstående figur:

Figur 9 Andelen etanolimport från Brasilien och Nederländerna



Det är alltså utomordentligt svårt att från tillgänglig statistik se hur stor andel av den svenska etanolkonsumtionen som kommer från brasilianska sockerrörsodlingen och vad som kommer från andra länder. Utan kännedom om denna fördelning kan man egentligen inte göra en kalkyl över den svenska etanolanvändningens koldioxideffekt. *A priori* förefaller det osannolikt att sockerrör från Brasilien någonsin stått för mer än 50% av förbrukningen i landet. Visserligen är andelen av importen år 2008 60% (om man räknar in HELA importen från Nederländerna), men det gör ändå inte mer än ca. 60% av totalkonsumtionen i landet, och då räknas inte den (oförklarliga) återexport som sker. Det är ju fullt möjligt att det är den brasilianska etanolen som återexporteras till länder som Belgien och Spanien.

Som framgår finns betydande osäkerheter då det gäller att tolka den officiellt statistiken⁶⁹. I den kalkyl som görs nedan tar vi hänsyn till detta och gör två kalkyler, en som utgår från en hög andel brasiliansk etanol i Sverige (90% av nettoimporten 2008 och 2009) och en med en (i författarens ögon) mer realistisk andel, 50% av nettoimporten 2008.

4.2 En kalkyl för det svenska etanolprogrammet

Med stöd i ovanstående analys skall vi göra en kalkyl för det svenska etanolprogrammet för perioden 2000-2009. Vi antar först att den svenska konsumtionen år 2009 är 500 000 m³. Vi antar vidare att den svenska produktionen var 15 000 m³ åren 2000-2001, att den steg till 65 000 m³ åren 2002-2008 och till 150 000 år 2009. Dessa antaganden förefaller tämligen säkra. Vi antar slutligen att hela denna svenska produktion gick till den svenska marknaden.

Den stora osäkerheten rör, som framhållits ovan, nettoimportens ursprung. Genom omlastningshamnar och återexport är osäkerheten här stor, och vi gör därför två kalkyler, en som baserar sig på ett "lågalternativ" för sockerrörsetanol, och ett som representerar ett "högalternativ". I det förra antar vi att sockerrörsetanolens andel ökas linjärt från 10% år 2000 till 50% (av nettoimporten) år 2008 och 2009. I "högalternativet" antar vi att samma andel ökar linjärt från 10% till 90% år 2008 och 2009. Vi får då följande tabell.

⁶⁹ Osäkerheten gäller både uppåt och nedåt för den brasilianska andelen. Det kan t.ex. vara så att det är just den brasilianska etanolen som återexporteras samtidigt som det kan vara så att import från andra länder än Nederländerna, t.ex. Tyskland, har sitt ursprung i Brasilien.

Tabell 4.3 Total svensk konsumtion samt fördelning på tillverkningsätt (tusentals m³),

År	Total Konsumtion	Sverige	Brasilien Alt Låg	Brasilien Alt Hög
2000	26	15	1	1
2001	42	15	4	5
2002	76	65	4	3
2003	150	65	21	34
2004	261	65	59	98
2005	285	65	77	132
2006	321	65	102	179
2007	359	65	132	235
2008	422	65	176	321
2009	500	150	175	315

Resterande del av den svenska etanolkonsumtionen antar vi importeras från något annat land, och att den är tillverkad av vanlig jordbruksetanol. Beträffande den svenska andelen antar vi att den inte ger några utsläpp från energiåtgången i tillverkningen.

Vi antar nu att vi har följande utsläppsfunktioner:

Bensin	$278 * T * S$
Jordbruksetanol	$316 * 30 * S + 221 * T * S$
Etanol från sockerrör	$170 * 30 * S + 60 * T * S$
Svensk etanol	$316 * 30 * S + 84 * T * S$

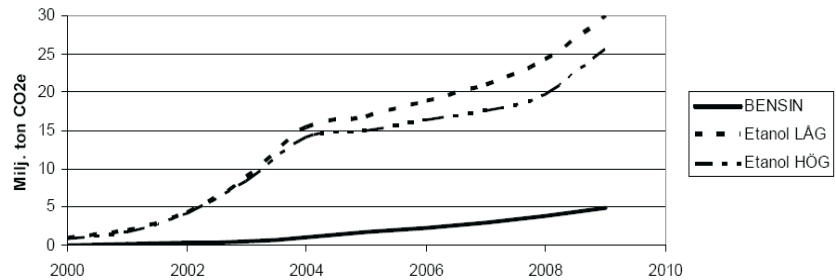
Slutligen antar vi att markanvändningseffekten är omedelbar, dvs. när vi ökar vår konsumtion så sker utsläppen från markomvandlingen omedelbart.

I ekvationerna ovan är $S =$ de km antal man kan köra med angiven mängd etanol samt $T =$ tidpunkten från det år då resp. mängd etanol togs i bruk. För år 2000 gäller t.ex. att vi förbrukar 1 000 m³ sockerrörsetanol vilket räcker till 7,15 miljoner transportkilometer. Då får vi ett engångsutsläpp från denna etanol $= 170 * 30 * 7,15 * 10^6$ gram CO₂e. Dessutom tillkommer utsläppen från tillverkning och användning (minus upptag) som är lika med $60 * 7,15 * 10^6$ gram. Nästa år (2001) uppkommer ett engångsutsläpp från den ökande mängden sockerrörsetanol, tillverknings- och användningsutsläppen för den totala mängden minus upptaget för

den totala mängden. För bensin finns inga engångseffekter. Om man där kör 7,15 miljoner km så släpper man ut $278 \cdot 7,15 \cdot 10^6$ gram CO_2e . På detta sätt kan man mäta utsläppen dels från den verkliga etanolförbrukningen, dels de som skulle blivit fallet om samma transportarbete utförts av bensindrivna fordon.

I nedanstående figur utvisas resultatet:

Figur 10 De ackumulerade CO_2e -utsläppen från den svenska etanolkonsumtionen jämfört med ackumulerade utsläpp om bensin använts. (HÖG = hög andel brasiliansk etanol, LÅG = låg andel)



Som framgår av utsläppen innebär "bensinalternativet" ackumulerade utsläpp på totalt cirka 5 miljoner ton. Etanolprogrammet, båda alternativen, ger betydligt högre utsläpp, 30 miljoner ton CO_2e för alternativet med en låg andel brasiliansk etanol, och cirka 25 miljoner ton då andelen är hög. Största delen av detta är den engångseffekt som uppkommer då nya jordar tas i bruk för odling av etanolgrödor⁷⁰. Om man bara ser till de direkta utsläppen, alltså de som följer på tillverkning och förbränning så blir förhållandena tvärtom och att etanolsatsningen i Sverige minskat utsläppen med ca. 1,7 miljoner ton CO_2e .

Slutsatsen av vår kalkyl är alltså att det svenska etanolprogrammet hittills inneburit ökade utsläpp på mellan 20 och 25 miljoner ton CO_2e under de aktuella åren. Det är svårt att se hur det verkliga utfallet kan ligga under detta spann. Alternativet med hög andel brasiliansk etanol (alltså det som ger lägst utsläppsmängd) innehåller antaganden inte bara om en extremt hög andel

⁷⁰ Vi har i våra beräkningar gjort den förenklingen att när etanolförbrukningen minskar i Sverige (som den gjorde marginellt några år) så blir omedelbart engångseffekten positiv-dvs. nyodlingen förvandlas omedelbart tillbaka till originaltillståndet.

sockerrörsetanol, utan även antaganden om en extremt liten andel utsläpp i tillverkningen av den svenska etanolen. Det är naturligtvis möjligt att det finns dolda faktorer, men att det svenska etanolprogrammet inte ökat de totala VHG-utsläppen under perioden med 15-30 miljoner ton förefaller osannolikt på basis av vad som f.n. är bästa möjliga kunskap.

Det är två observationer som är viktiga. Den första är att huvudanledningen till att etanolanvändningen leder till så mycket större utsläpp jämfört med bensinalternativet är att etanolförbrukningen *ökar* hela tiden. Denna ökning medför att ständigt nya jordar måste tas i bruk för etanolgrödor och att det varje år uppkommer betydande engångseffekter av denna nyodling.

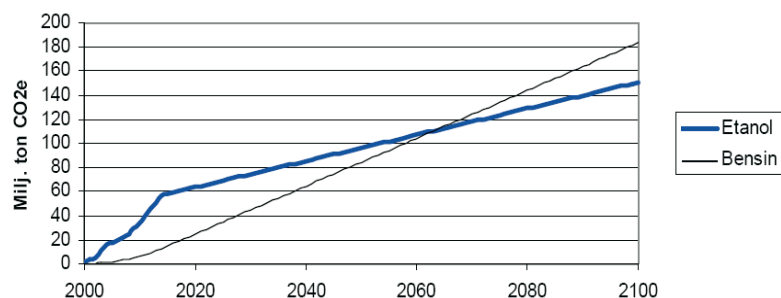
Den andra observationen är att det är betydande utsläpp som inte räknas i den officiella statistiken. Den nuvarande praxisen är sådan att man räknar med det bortfall av utsläpp som sker då man använder mindre bensin, men man räknar inte det tillskott som sker med den etanol som används. Resultatet av allt detta blir en vilseledande statistik. Om man skulle räkna de faktiska utsläppen av etanol och andra biobränslen (alltså även de som orsakas av svenska program men som sker utomlands) förefaller det inte omöjligt att man skulle nå slutsatsen att det skett en ökning sedan början av 1990-talet och inte en minskning som det enligt Kyotoprotokollets sätt att räkna ger vid handen.

4.3 Etanol i Sverige, effekter på lång sikt

De effekter som visades i förra avsnittet avser den gångna tio-års perioden. Det går även att skissera ett scenario om den långsiktiga utvecklingen även om detta naturligtvis måste bygga på mycket osäkra antaganden.

Vi antar först att etanolanvändningen ökar med 100 000 m³ varje år från 2010 tills den år 2014 når nivån 1 000 000 m³, då ökningen avstannar. Vi antar vidare utvecklingen fram t.o.m. 2009 förlöpt enligt alternativ I ovan samt att fr.o.m. år 2010 och framöver kommer 50% av den svenska etanolen att komma från brasilianska odlingar och resterande 50% från olika typer av spannmålsetanol. Dessa förutsättningar ger nedanstående utvecklingskurva:

Figur 11 Ackumulerade utsläpp från etanol och bensin (kalkylexempel) 2000-2010



Som framgår leder etanolanvändningen på sikt till lägre utsläpp. År 2100 kommer de ackumulerade utsläppen av CO₂e (med våra antaganden) att vara cirka 150 miljoner ton jämfört med ca. 185 milj ton som skulle släppts ut om man använt enbart bensin. Man bör dock observera att inte förrän efter mitten av detta sekel kommer etanolen att ha "återbetalt" de ökade utsläppen som kommer av ökad markanvändning.

Det behöver kanske inte sägas att figur 11 baseras på ganska godtyckliga antaganden om framtiden. Vi vet inte hur mycket etanol som kommer att förbrukas om 10 år, vi vet inte hur den tillverkas och hur effektiv den är. Om det t.ex. skulle vara så att all etanol fr.o.m. år 2010 tillverkas av brasilianskt socker så nås återbetalningstidpunkten redan år 2050, görs en större del av jordbruksgrödor kommer återbetalningen att skjutas fram osv. Allt detta måste beaktas då man tolkar prognosen.

Vad som är fullständigt klart är emellertid att under en överskådlig tid så kommer etanolanvändningen i Sverige att orsaka VHG-utsläpp åtminstone fullt jämförbara med de som skulle skett om motsvarande transportarbete ägt rum med bensin som bränsle. På grund av bristande information från de etanolimporterande företagen är det omöjligt att säga mer exakt hur stora etanolutsläppen är, men det är författarens övertygelse att figurerna 10 och 11 ger en rimligt god bild av de verkliga förhållandena.

I appendix görs några kompletterade beräkningar t.ex. vad som skulle ske om etanolprogrammet avvecklades. *Huvudresultatet* där att VHG-utsläppen i Sverige skulle minska de närmaste cirka 50 åren om man avvecklande etanolsatsningen och istället gick tillbaka till

bensindrift. Detta låter kanske underligt, men är egentligen naturligt med tanke på de resonemang vi fört om markanvändningseffekten. Om t.ex. den svenska etanoltillverkningen upphörde skulle den mark som nu används till etanolgrödor övergå antingen till spannmålsodlingar eller läggas i träda. Om marken lades i träda skulle ett kolförråd byggas upp, genom att marken omvandlades till skog eller stäpp. Båda dessa alternativ innebär ett betydande kol(-dioxid)upptag. Om man fortsatte att odla spannmål som då såldes för att användas till foder, skulle detta leda till ett minskat behov av nya foderodlingar på andra håll i världen. Under en lång följd av år skulle alltså marker frigöras från jordbruksodlingar (alternativt mindre marker uppodlas, färre skogar avverkas etc.) och kolförråden på dessa frilagda marker skulle öka. Denna ökning skulle (med viss sannolikhet och under en period av ca. 50 år) vara större än den minskning av direktutsläppen som etanoldriften orsakade, och således skulle de aggregerade VHG-utsläppen minska.

5 Etanolprogrammen: Samhällsekonomiska aspekter, kostnader och subsidier

Många olika typer av subventioner och extra-kostnader är kopplade till produktion och användning av etanol. En översikt av förhållandena ges i FAO (2008) sidan 29ff) och JBV (2006 sid 21-23) samt den bästa internationellt i OECD (2007 sid 45-47). Som ett världsgenomsnitt gäller att de totala subventionerna år 2006 uppgick till cirka 50-60 mdr. kr, dvs. cirka 1 kr per liter etanol (FAO, 2008 sid 32). I USA uppgick subventionerna till i genomsnitt 2 kr per liter, medan subventionerna inom EU uppgick till hela 7 kr per liter (FAO, 2008 sid 34). Inom EU-länderna gäller för övrigt mycket speciella förhållanden med både straffullar och subventioner. Som angavs på sid. 44-45 finns tre olika tullsatser beroende på vilken form etanolen är i. För huvudprodukten, ren etanol, är tullsatsen ca. 2 kr/liter. Men denna tull motverkas av att de flesta länder sedan subventionerar konsumtionen, i Sverige t.ex. genom att befria etanolen från energi- och koldioxidskatter. Dessa skatter ligger nu på ca. 5,3 kr/liter (bensin). Tar man hänsyn till det lägre energiinnehållet i 1 liter etanol så motsvarar detta en skatteskillnad om cirka 3,30 kr per liter etanol. Detta betyder i sin tur att etanolförbrukningen under åren 2000-2009 getts en subvention i utebliven skatt på cirka 8 miljarder, och att subventionen nu är cirka 1,5 miljard per år⁷¹.

Det kan vara intressant att se kostnadsmönstret för etanolen och bensinen i Sverige. Nedanstående tabell ger de relevanta värdena år 2009 i Sverige:⁷²

⁷¹ Till detta skall naturligtvis läggas värdet av "miljöbilspremien" samt diverse förmåner som t.ex. fri parkering eller befrielse från trängselskatt.

⁷² Tabellen hämtad från Energimyndigheten (2009).

**Tabell 5.1 Priskomponenter för etanol och bensin, Sverige 2008⁷³.
Kronor per liter.**

	Etanol till E85	Etanol till låginblandning	Bensin
Produktpris, frakt etc.	5,97	5,97	4,70
Tull	0,24	1,87	--
Energi/koldioxidskatt	--	--	5,30
Pris inkl. moms	7,8	9,8	12,5
Pris i bensinekvivalenter	12,0	15,1	12,5

Som framgår av tabellen⁷⁴ finns ett komplicerat mönster av tullar och skattebefrielse som t.ex. har till följd att den etanol som används till låginblandning är bortåt 20% dyrare än den etanol som används till E85. Bensin som anses den verkliga miljöboven är tullbefriad medan ren etanol belastas med en hög tull. Samtidigt är etanolen helt befriad från energi- och koldioxidskatter trots att dess utsläpp av VHG på kort och medellång sikt är större än de som kommer från bensin. Logiken i systemet förefaller svag.

Kombinationen av tullar och subventioner är naturligtvis tillkomna för att gynna den inhemska produktionen av etanol och för att stänga ute den billiga brasilianska produktionen. Å ena sidan subventionerar man alltså användning av etanol med hänvisning till dess positiva inverkan på utsläppen av VHG. Samtidigt fördyrar man importen av den mest miljövänliga etanolen. Kombinationen av båda dessa saker leder till betydande samhällsekonomiska förluster samtidigt som det leder till utsläpp som på ca. 50 års sikt är större än vad som skulle förekommit om man istället använt ren bensin. Både ekonomin och miljön är alltså förlorare i detta spel.

Det kan tilläggas att det finns en tredje komponent som är värd att nämna, nämligen EUs subventioner.⁷⁵ En del av den etanol som säljs från Spanien och Tyskland har dessa subventioner som en ekonomisk ingrediens. Fram till i år gick nämligen EU in och stödköpte eventuella vinöverskott och sålde sedan detta till godkända destillerier. Samma sak gällde för stora partier av tysk råg – även där fanns ett lager som köpts upp av EU och som sedan såldes till företag som tillverkade etanol. Först fick alltså etanolen stöd genom stödköpen av råg och vin. Därefter subventionerades

⁷³ För en historisk serie sedan 2003, se JBV (2006) sidan 48 och 49. Se även sid 67.

⁷⁴ För en översikt av handelshindren (för etanol) i olika länder, se JBV (2006) sid 22ff. Samma förhållande som i EU gäller för USA. I CBO (2008) sid 2 uppges att tullen i USA år 2008 var 54 cent per gallon plus en ad valorem skatt på 2,5% av värdet på importerad etanol.

⁷⁵ För en god beskrivning av EUs politik och regleringar inom området, se JBV (2006) sid 24ff.

konsumenterna genom att man inte behövde betala vare sig energi- eller koldioxidskatt. Och slutligen subventionerades allt genom att man höll borta den brasilianska etanolen med hjälp av strafftullar.

I JRC (2008, sid 21) gjorde man ett försök att beräkna det samhällsekonomiska nettot av etanolprogrammen inom EU åren 2007-2020. Följande resultat framkom:

Tabell 5.2 En samhällsekonomisk analys av EUs etanolprogram med 6,9% biobränslen för transportsektorn 2020.⁷⁶ Mdr. euros.

CO ₂ besparingar	+8,6
Ökad sysselsättning i EU	+1,8
Ökad energisäkerhet i EU	+8,0
Skillnad i produktionskostnader	-56,7
Netto	-38,5

EUs etanolprogram beräknas alltså av kommissionens egna experter landa på ett minus på motsvarande ca. 400 miljarder kronor. (Med det högre målet, se fotnot 39) är det troliga att denna siffra nu närmar sig 600 miljarder. Detta trots att man räknat in sådana teoretiskt tivelaktiga poster som "Värdet av ökad sysselsättning"⁷⁷ samt "Ökad energisäkerhet".⁷⁸ I själva verket konstaterar man att "...justification for making biofuels from EU sources now rests on the basis of additional benefits from security of supply and employment".⁷⁹

Det är ingalunda bara EU-länderna som håller sig med denna säregna blandning av tullar, subventioner, skatter och avgifter. I FAO (2008) (sid 50ff) görs ett försök att analysera de samlade effekterna av politikeringripandena. Följande skulle enligt FAOs modell bli de troliga konsekvenserna av en total avreglering av marknaden:

⁷⁶ EU-kommissionen har sedan ökat detta mål till 10%. Tabellen hämtad från JRC(2008) sid 21.

⁷⁷ Det skall dock tilläggas att det kan finnas situationer då "ökad sysselsättning" har ett extravärde i samhällsekonomiska kalkyler, dock sällan i långsiktiga kalkyler som avses här.

⁷⁸ Det måste dock infogas att den helt avgörande faktorn för resultatet är antagandet om det framtida oljepriset. Till grund för resultaten ovan ligger ett antagande om att det genomsnittliga spotpriset kommer att ligga runt 80 USD fatet under perioden.

⁷⁹ JRC(2008) sid. 16.

Tabell 5.3 Effekter av en avreglering (avskaffande av tullar, tariffer, kvoter, subventioner, speciella skatter etc.) av etanolmarknaden enligt FAO (2008). Mdr. liter.

Område	Produktion	Konsumtion
Brasilien	+3,9	-2,0
Kanada	-1,3	-1,3
EU	-8,3	-3,3
USA	-8,3	-7,2
Världen	-14,1	-14,1

Närmare en fjärdedel av den etanol som nu produceras och konsumeras skulle försvinna från marknaden om alla tullar och subventioner togs bort. Världsmarknadspriserna på etanol skulle öka med ungefär 10%, däremot skulle vegetabilisk olja och majspriser minska med cirka 5%. Den totala arealen som användes till spannmålsodlingar skulle minska något, medan sockerrörsodlingarna skulle öka.

Det finns både vinnare och förlorare i den existerande regleringen av etanolmarknaden. Generellt gäller att fordonsägare och markägare vinner medan världens matkonsumenter förlorar. Fordonsägarna vinner genom att systemet tillhandahåller ett subventionerat drivmedel. Subventioneringen av etanolen gör inte bara etanolen billigare utan håller även nere priset på bensin eftersom etanol och bensin är direkta substitut och genom att etanol ingår i all bensin i Sverige. Matkonsumenterna förlorar därför att etanolen tillverkas till en del från jordbruksprodukter, vilkas pris stiger då efterfrågan ökar.

Förhållandena kan illustreras för USAs del med en studie⁸⁰ från 2008. Där använde man sig av data från 2007, då 18,3% av USAs majsproduktion gick till etanolframställning. Detta ökade majspriset med 18-39% medan bensinpriset föll med 2,4%-enheter till 11,4% (motsvarande mellan 8 och 15 öre litern) beroende på efterfrågans priselasticitet. Baserat på detta resultat fann författarna att världens bensin-(och bränsle-etanol-)förbrukare gjorde en välfärdsvinst på mellan 25 och 42 miljarder USD på USAs etanolsubventioner. Världens matkonsumenter förlorade mellan 40 och 76 miljarder medan världens majs- och sojaproducenter vann mellan 20 och 39 miljarder (USD)⁸¹. Det var alltså omfattande

⁸⁰ Sexton et al (2008).

⁸¹ Ibid sid 4-5.

belopp som omfördelades mellan konsumenter, producenter och fordonsförare

6 Slutsatser

Det är några saker i denna studie som bör poängteras. En är att utsläppsberäkningarna utförts helt utan hänsyn till de riktlinjer som finns i t.ex. Kyotoprotokollet eller i den statistik som ligger till grund för EUs utsläppshandel. I dessa finns klara avgränsningar av vad som skall räknas in i utsläppsstatistiken och vad som inte hör dit. I denna rapport utgår vi enbart från fysiska fakta som de framställts i en rad vetenskapliga uppsatser och ett antal ekonomiska och ingenjörsmässiga modeller. Vad vi sökt göra är att visa på den totala mängden VHG-utsläpp som orsakas av X liters produktion och användning av etanol, helt oavsett vad skriftliga överenskommelser mellan regeringar och myndigheter säger. Det hela är naturligtvis en förenkling men en förenkling som inte har någon större betydelse för slutresultatet⁸².

Huvudresultatet i denna rapport är att antagandena om etanolens koldioxidneutralitet är direkt felaktiga. När man tar hänsyn till alla effekter, och i synnerhet då effekten av en ändrad markanvändning så förefaller det uppenbart att de etanolprogram som finns inom EU och i USA leder till stora nettoutsläpp av koldioxid (och andra klimatskadliga gaser.) Det går inte att säga exakt hur stora utsläppen blir, men så gott som samtliga studier gjorda de senare åren (och speciellt större översiktsstudier) visar att nettoutsläppen är betydande. På riktigt lång sikt ger etanol mindre utsläpp än bensin, men de flesta studier pekar på att det är först efter 50-60 år som de ackumulerade utsläppen från etanol blir lägre än om motsvarande transportarbete utförts med bensindrivna fordon.

För svenska förhållanden gäller att etanolkonsumtionen 2000-2009 gett upphov till *ökade* utsläpp av VHG i storleksordningen 15-30 miljoner ton i förhållande till om motsvarande transport-

⁸² EUs handel med utsläppsrätter påverkar t.ex. hur man skall räkna de utsläpp som sker vid produktionen av etanol.

arbete utförts av bensindrivna fordon. Också här gäller att inte förrän mot mitten av seklet kan de ackumulerade utsläppen från etanolanvändningen förväntas bli lägre jämfört med ”bensinalternativet”. Om etanolanvändningen fortsätter att öka under ytterligare något eller några decennier kommer denna jämviktspunkt att flyttas framåt eftersom de stora utsläppseffekterna (av etanol) kommer från ändrad markanvändning, vilken sker då etanolkonsumtionen ökar.

Det finns två aspekter av detta som förtjänar speciell uppmärksamhet. Den första är att denna (och andra nyligen utförda) studie(r)⁸³ visar att en ökad etanolproduktion, på det sätt som nu sker, leder till ökade VHG-utsläpp under den period som IPCC betecknar som kritisk, nämligen de kommande 50 åren. Ett huvudargument i klimatkussionen är nämligen att det finns vissa tröskelvärden för temperaturstegringen där utvecklingen drivs vidare av egen kraft. Det kan t.ex. handla om att stora områden med permafrost tinar upp vid en viss temperaturstegring, att upptiningen frigör ytterligare VHG, vilket medför ytterligare temperaturstegringar etc. Med dessa tröskelvärden är det föga hjälp att det sker en minskning av de ackumulerade utsläppen om 50 eller 100 år. Vill man minska risken för att trösklarna överträdes måste utsläppen minskas inom de 2-3 närmaste decennierna, inte senare.

Den andra aspekten rör omfattningen av de tänkbara långsiktiga utsläppsminskningarna och de därmed förenade ekonomiska kostnaderna. Som framgick av tabell 5.1 så beskattas vanlig bensin idag med ca 5,3 kr/liter, mervärdesskatten oräknad. Etanolen är oskattad, men där måste man i gengäld betala en tullsats som fastställts av EU. Den tullen varierar (!) beroende på vad etanolen skall användas till, men uppgår i genomsnitt till 2 kr/liter (omräknat till bensinekvivalenter.) Vid en konsumtionsnivå på 500 000 m³ per år motsvarar det en direkt subvention (och skattebortfall) på cirka 1,5 miljarder kronor, vilket med mervärdesskatt blir närmare 2 miljarder kronor. Till detta skall läggas en rad förmåner som t.ex. fri parkering, befrielse från trängselskatt och miljöbilspremie. Och ovanpå detta finns kostnader, som t.ex. de som orsakats av tvånget att installera etanolpumpar vid huvuddelen av landets bensinstationer.

Kort sagt: det svenska etanolprogrammet har genomförts med stora subventioner, mängder av förmåner och en rad extra-

⁸³ Se Searchinger et al (2009) samt Melillo et al (2009).

kostnader för samhället och statsfinanserna. För dessa insatser har man fått VHG- utsläpp som ökat under den för klimatet kritiska perioden, alltså de närmaste 50 åren. På hundra års sikt kan man få en besparing som – vid en konsumtionsnivå om 1 000 000 m³ etanol årligen - uppgår till totalt cirka 35 miljoner ton CO₂e, alltså cirka 0,35 miljoner ton årligen. Även sett på riktigt lång sikt skall man alltså ställa en årlig minskning av utsläppen om 0,35 miljoner ton CO₂e mot den årliga kostnaden som (vid konsumtionsnivån 1 000 000 m³) ligger runt 3,5 miljarder kronor bara i direkta skattesubventioner. Det gör ett pris på 10 kr/ kg CO₂ vilket är tio gånger så högt som dagens koldioxidskatt och ungefär 60 ggr så högt som priset på utsläppsrätter inom EUs utsläppshandelssystem. Det är uppenbart att programmet är förenat med stora samhällsekonomiska kostnader. Ingen kalkyl har gjorts för Sveriges del, men de samhällsekonomiska kalkyler som gjorts, både i USA och inom EU visar alla på stora aggregerade förluster. Speciellt gäller att världens livsmedelskonsumenter förlorar medan markägare och fordonsägare tillhör vinnargrupperna.

Den ekonomiska rimliga vore naturligtvis först att avskaffa alla tullar. Därefter borde etanolen beskattas efter samma principer som bensinen. Med tanke på de betydande utsläppen av koldioxid även på lång sikt, vore det rimligt med en koldioxidskatt på åtminstone hälften av den som läggs på bensin. Och givetvis borde etanolen beläggas med vanlig energiskatt som andra bränslen.

En avveckling av de nuvarande marknadsinterventionerna skulle troligen minska, och inte öka CO₂-utsläppen, åtminstone på 30-60 års sikt. Ett borttagande av tullar och subventioner skulle (i) göra etanolen dyrare relativt bensin och (ii) göra europeisk etanol dyrare relativt sockerrörsetanol. Den första effekten skulle innebära att mindre mark skulle behöva användas för etanolgrödor vilket (som tidigare förklarades och som även kommenteras i appendix) skulle innebära att det netto skulle bindas mer kol i markerna. Dessutom skulle det innebära en press uppåt på alla bränslepriser vilket i sin tur skulle minska konsumtionen. Den andra effekten skulle innebära att man substituerade utsläppsrisk etanol från jordbruksgrödor till förmån för utsläppsnål brasiliansk sockerrörsetanol. Båda effekterna innebär minskade utsläpp av växthusgaser på rimligt lång sikt.

Litteratur

- Almirall, C. (2008) "Sugarcane and Soybean Acreage Response in Brazil" Unpublished WP, Dept. of Agricultural and Resource Economics at University of Berkeley, Calif.
- Bergh, C. (2004) "World Fuel Ethanol Analysis and Outlook" <http://www.distill.com/World-Fuel-Ethanol-A&O-2004.html>.
- Börjesson, P., Eriksson K., och Lucia L.: "Sustainable Vehicle Fuels – Do they Exist?" Lund University, Dept. of Science and Technology, Report no 67 Mars 2009.
- CBO, Congressional Budget Office (US, 2009) "The Impact of Ethanol Use on Food Prices and Greenhouse-Gas Emission".
- Crutzen P.J., Mosier A. R., Smith K. A., Winiwarter W. (2007): "N₂O releases from agro-biofuel production negates global warming reduction by replacing fossile fuels". *Atmosphere Chemical Physics Discussion*, 7, 11191-11205.
- Energimyndigheten: (2009) "Övervakningsrapport avseende skattebefrielse för biodrivmedel och alternativa drivmedel år 2008".
- Energimyndigheten (2009)"Statistik för bränsleförbrukningen inom transportsektorn".
- Energimyndigheten (2001-2003) "Redovisning av uppdrag om kontroll och utvärdering av pilotprojekt (rörande) skatt på energi". DNR 00-02-205 (2002), 530-2003-0163 (2003), 552-98-3701, (2001).
- Fargione, J., Hill J., Tilman D., Polasky S. and Hawthorne P.: "Land Clearing and Biofuel Debt" *Science*, Vol 319, no 5867 pp 1235-1238, Feb. 2008.
- Farrell, A., plevin R. J., Turner B. T., Jones A. D., O´Hare M. och Kammen P. M. (2006) "Ethanol can contribute to energy and environmental goals" *Science*, 311, 506-508.
- FAO (2008a) "Soaring Food prices; Facts, Perspectives, Impacts and Actions Required". Rom

- FAO (2008b): "The state of Food and Agriculture. Biofuels: prospects, risks and opportunities". Rom.
- Farm Foundation (2008) "Issue Report: What's driving Food Prices".
- Fischer, G. och Schrattenholtzer L. (2001) "Global energy potentials through 2050." *Biomass and Bioenergy*, 20 (3) 151-159.
- Glauber, J. (2008) Uttalande i en congressutfrågning 1 maj 2008, citerad i Mitchell (2008).
- de Gorter, Harry, and David R. Just. (2007a). "The Welfare Economics of an Excise-Tax Exemption for Biofuels", Department of Applied Economics and Management Working Paper #2007-13, Cornell University, 17 September.
- de Gorter, Harry, and David R. Just. (2007b). "The Economics of a Biofuel Consumption Mandate and Excise-Tax Exemption: An Empirical Example of U.S. Ethanol Policy", Department of Applied Economics and Management Working Paper # 2007-20, Cornell University, 23 October.
- International Food Policy Research Institute (IFPRI,2006) Rosegrant M., Msangi S., Sulser T. and Valmonte Santos R.: "Bioenergy and Agriculture: Promises and Challenges".
- International Food Policy Research Institute (IFPRI,2008), Rosegrant M. W. "Biofuels and Grain Prices: Impacts and Policy Responses".
- JRC, European Communities, (2006) "Cost-benefit Analysis of Selected Biofuels Scenarios".
- JRC, European Communities, (2008) "Biofuels in the European Context: Facts and uncertainties".
- Jordbruksverket (JBV, 2006) "Marknadsöversikt. Etanol en jordbruks – och industriprodukt" Rapport 2006:11.
- Kapur J. C. (2004) "Available energy resources and environmental imperatives". *World Affairs* V10 N1.
- Lywood, W. J. (2009) "Modelling of GHG emissions from Indirect Land Use Change from increased EU demand for Biofuel" ENSUS .
- Macedo, I. C., Seabra J. E. A., och Silva J. E. A. R. (2008) "Green House gases emissions in the production and use of ethanol from sugarcane in Brazil: The 2005/2006 averages and a prediction for 2020." *Biomass and Bioenergy*, (32 Issue 7).
- Melillo, J. M., Gurgel A. C., kicklighter D. W., Reilly J. M., Cronin T. W., Felzer B. S., Paltsev S., Schlosser C. A., Solokov, A. P.

- och Wang X. (2009a): "Unintended Environmental Consequences of a Global Biofuels Program". MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change, Report no 168.
- Melillo, J. M., Gurgel A. C., kicklighter D. W., Reilly J. M., Cronin T. W., Felzer B. S., Paltsev S., Schlosser C. A., Solokov, A. P. och Wang X. (2009b): "Indirect emissions from Biofuels: How important?" *Science Express* 22 Oct.
- Mitchell, D. (2008) "A note on rising food prices." The World Bank WP 4682
- Morton, D. C., DeFries R. S., Shimabukuro Y. E., Anderson LO, Arai E., del Bon Espirito-Santo F., Freitas R. och Morisette J. (2006): "Cropland expansion changes deforestation dynamics in the southern Brazilian Amazon." *Proceedings of the National Academy of Science, USA* 103:14637-14641.
- Nelson, G.C. och Robertson R. D. (2008) "Green gold or green wash: environmental consequences of biofuels in the development world". Paper presented at the Allied Social Sciences Meeting, New Orleans, USA 4/1 2008.
- OECD,(2007) Doornbosch R. and Steenblik R. " Biofuels: Is the cure worse than the disease?"
- SEKAB, Pressmeddelande April 2009 " Hållbar etanol Tullfri".
- Searchinger, T. (2009) "Evaluating Biofuels. The consequences of using land to make fuel". The German Marshall Fund Paper Series, Brussels.
- Searchinger, T., Heimlich R., Houghton R. A., Dong F., Elobeid A., Fabiosa J., Tokgoz S., Hayes D. and Tun-Hsiang Yu (2008): "Use of US Croplands for Biofuels Increases Greenhouse Gases Through Emissions from Land Use Change". *Science*, 319,5867, 1238 – 1240.
- Ibid Supporting Online Material, *Science Express*, (2008)
- Searchinger, T., Hamburg S. P., Melillo J., Chameides W., Havlik P., Kammen D. M., Likens G. E., Lubowski R. N., Obersteiner M., Oppenheimer M., Robertson G. P., Schlesinger W. H., och Tilman G. D.: (2009) "Climate change: Fixing a critical climate accounting error" *Science*, 326,,5952, 527-528.
- Sexton, S., Rajagopal D. and Zilberman D. " Food versus Fuel, How Biofuels Make Food More Costly and Gasoline Cheaper" *Agricultural and Resource Economics Update*, University of California, Berkeley, 12, (1) Sept/Oct 2008.

- Swedwatch (2009) "En brännande fråga. Hur hållbar är den etanol som importeras till Sverige?" (www.swedwatch.org) .
- Trostle, R. " Global agricultural supply and demand: Factor contributing to the recent increase in food commodity prices" Economic research Service, USDA, Maj 2008.
- Wibe, S. (1990) "Skall biobränslen beläggas med koldioxidskatt?" Arbetsrapport nr 106 Institutionen för Skogsekonomi, Sveriges Lantbruksuniversitet, Umeå.
- World Bank (2008a) Ivanic M. och Martin W. "Implications of Higher Global Food Prices for Poverty in Low-Income Countries" Research Working Paper 4594.
- World Bank (2008b) Mitchell D. "A Note on Rising Food Prices" Policy Research Working Paper 4682.

Appendix 1 till kapitel 3 - några ytterligare anmärkningar om etanolens miljöeffekter

A1.1 Odlingar på brukad jordbruksmark

En vanlig invändning mot kalkyler av ovanstående slag är att de inte beaktar att etanolgrödor även kan odlas på jordbruksmark som läggs i träda. Där är marken redan uppluckrad, och det sker inget bortfall av foder eller livsmedelsproduktion om man istället börjar odla etanolgrödor på den.

Argumentet är bara delvis korrekt, och kan bemötas med motargument⁸⁴. Ett är att fenomenet förekommer endast i ringa omfattning globalt sett. Huvuddelen av världens etanolproduktion sker i Brasilien eller USA och odlingarna där får exakt de effekter vi talat om. Men även om en nyodling skulle ske på nyligen nedlagd jordbruksmark som skall läggas i träda, måste man räkna med alternativeffekten. Alternativet till en etanolodling är ju att det växer upp t.ex. gräs eller skog, och att dess tillväxt och förruttnelse leder till ett upptag av koldioxid. Om man låter skog växa på markerna kan man räkna med en årlig tillväxt på kanske 4 m³/ha och år. Detta motsvarar en biomassetillväxt på ca. det dubbla, och ett kolupptag på cirka 1,8 ton per år, dvs. ett upptag av koldioxid på ca. 6 ton per år och hektar⁸⁵.

⁸⁴ För en systematisk genomgång, se Searchinger et al (2008, Supporting material) sid 14.

⁸⁵ I Searchinger et al (2008, Supporting sid 14) räknar man med ett potentiellt upptag på 6,5 ton CO₂e för europeiska skogar.

Med de svenska produktionssiffrorna får man 2 100 liter etanol per hektar⁸⁶, vilket räcker till en körsträcka om ca. 15 000 km. Vår markanvändningseffekt blir i detta fall (alltså alternativet med en växande skog på marken och en tillväxt om 4 m³ per år) ca. 400 g per km i uteblivet upptag. På liknande sätt kan man också räkna fram det uteblivna upptaget då den tidigare jordbruksmarken omvandlas till en grässtopp, och om man antar att en fullständig omvandling tar 30 år⁸⁷ kommer man fram till exakt de värden som anges i tabell 3.1 ovan. Det skulle t.ex. innebära att en jordbruksmark som läggs i träda leder till ett kolupptag motsvarande cirka 7 ton koldioxid och år. Efter 30 år skulle marken då innehålla cirka 200 ton bundet koldioxid, något som stämmer väl med siffror för kolinnehållet på stäpper.

A1.2 Vad händer om produktionen är konstant (eller minskar)?

Den markeffekt som vi talat om ovan uppkommer när produktionen av etanol *ökar*. Hur skall man då räkna på koldioxidutsläpp av en viss etanolproduktion om produktionen hålls konstant? Då har ju effekterna av den ändrade markanvändningen redan skett, och ett bibehållande av etanolkonsumtionen kommer endast att ge de "löpande" utsläppen, t.ex. 221 g per transportkm om det är majsetanol.

Man kan emellertid först konstatera att den konsumtionsnivå som nåtts har verkligen lett till vissa (mark-)utsläpp, så om man skall beskriva effekterna av ett visst program (t.ex. där man med subventioner stimulerat fram en viss etanolökning) skall man även visa den historia som finns.

Om man emellertid blickar framåt och frågar sig efter handlingsvägar givet en viss konsumtionsnivå gäller det att ställa upp huvudalternativen. De är:

1. Fortsätta med den nuvarande bränsmixen och hålla oförändrad nivå på etanolkonsumtionen.
2. Byta till bensindrif.

⁸⁶ I FAO (2008) sid 21 anges att "veteetanol" producerar ca. 1000 liter per ha och majsetanol ca. 2000. För brasilianska förhållanden blir naturligtvis siffrorna helt annorlunda, skog växer där mycket snabbare och etanol är mycket utsläppsnålare.

⁸⁷ Denna siffra är illustrativ. Om marken omvandlas till grässtopp är det mer realistiskt att räkna med ett årligt upptag motsvarande 1-2 ton CO₂ per år och hektar.

I det första alternativet kan vi lätt bestämma att för en (i princip) oändlig tid framåt kommer utsläppen per km (från etanoldriften) att vara lika med de i tabell 2.1 angivna, dvs. 221 g om etanolen kommer från spannmål och 83 g om den kommer från energi-grödor.

Om man byter till bensindrif, dvs. minskar etanolanvändningen, skall vi i princip räkna med en markupptagseffekt för bensinalternativet (!). Ty när vi minskar etanolkonsumtionen kommer ju det att uppkomma en ”omvänd” markeffekt. Då kommer mark som används till etanolgrödor att friläggas, något som i USA betyder att man säljer majsens som foder och livsmedel istället för till etanolfabrikerna, och på andra håll att marken läggs i träda och på nytt bygger upp ett kolförråd. Och när t.ex. majsens börjar säljas som foder igen så kommer priserna att pressas nedåt vilket även gäller substituten, t.ex. sojabönor. Allt annat oförändrat kommer detta att leda till precis de omvända reaktionerna i förhållande till alternativet med en ökning av etanolproduktionen.⁸⁸

Låt oss ge ett sifferexempel på vad en minskning av etanolkonsumtionen skulle kunna innebära. Låt oss anta att vi har ett hektar svensk jord där man nu odlar spannmål med en avkastning på 5,5 ton per hektar. Detta används nu till etanol, och som nämndes producerar man 2 100 liter vilket räcker till en 15 000 kilometer lång körsträcka varje år. Om vi antar att förhållandena är som för amerikansk majsetanol kommer användningen att ge upphov till nettoutsläpp på 221×15.000 gram = 3,315 ton CO₂e varje år.

Så beslutar vi oss att lägga ner etanolgrödan och istället köra de 15.000 kilometerna på bensin. Enligt våra antaganden kommer vi då att varje år släppa ut 278×15.000 gram = 4,170 ton CO₂e. Men i gengäld kommer den areal där vi odlat etanolvete att omvandlas. Kanske kommer den att läggas i träda och bli gräsbevuxen, kanske kommer den att beskogas, eller kanske kommer man att fortsätta att producera fodervete (som säljs som sådan). Oavsett vad som sker kommer (någonstans) mark att förvandlas så att den absorberar mer kol än tidigare. Om marken beskogas kan absorptionen uppgå till 6-7 ton CO₂ per hektar och år, om den omvandlas till en grässtopp kanske motsvarande siffra stannar vid ca. 1 per hektar och år. Oavsett vilket så innebär det faktum att en mark upphör att odlas att den absorberar koldioxid som omvandlas

⁸⁸ Vid en minskning av produktionen måste man dock räkna med att minskningen sker över en viss tid eftersom det finns gjorda kapitalinvesteringar i form av fabriker, maskiner osv.

till kol. Även vid lägsta möjliga absorption (1 ton CO₂ per hektar och år) innebär det i vårt (hypotetiska) fall att fortsatt etanolodling och etanoldrift leder till utsläpp på 3,3 ton (per odlad hektar) medan en övergång till bensindrif genererar 4,17-1,0= 3,17 ton, alltså lägre utsläpp.

A1.3 Etanol från avverkningsrester- en kommentar⁸⁹

Vår studie visar på det betydelsefulla i att etanolproduktionen baseras på material som inte kräver landarealer, t.ex. hushållsavfall eller avverkningsrester, och där kolet ändå skulle föras till atmosfären så småningom. Men även detta innehåller en utsläppspost som ofta döljs. Antag t.ex. att etanolen baseras på tillverkning från avverkningsrester. Då detta sker kanske tiden från avverkning till förbränning som etanol i genomsnitt blir – låt oss säga – två år. Men om resterna hade legat kvar och långsamt avgivit sitt kol till atmosfären så skulle den genomsnittliga tiden blivit – låt oss säga – 15 år. Vi får då även här ett nettoutsläpp av VHG, eftersom etanoltillverkningen innebär att ”lagret” av avverkningsrester som ligger kvar på marken kommer att minska.

Om man tar det från skogsråvara som eljest skulle använts till massa- eller timerproduktion blir förhållandena annorlunda. Då måste vi räkna med en priseffekt som gör att man avverkar mer skog någon annanstans i världen, och en landomvandlingseffekt. Av dessa skäl förefaller det osannolikt att en etanoltillverkning baserad på skogsråvara skulle ge väsentligt annorlunda utsläppsbalans än den som kalkylerats för biomasseetanol ovan.

Tyvärr finns inga hårda data över energi- och utsläppsbalansen vid en storskalig etanoltillverkning med skogsråvara som bas. Den teoretiskt totala potentialen för en sådan är dock betydande i ett skogsland som Sverige. En avverkningsnivå på (som nu) cirka 80 milj. m³ per år ger användningsbara avverkningsrester (grenar, toppar, rötter) på kanske 16 milj. ton. Om vi antar de värden som finns i tabell 2.1 skulle detta teoretiskt kunna ge en total produktion i Sverige på ca. 4 mdr. liter, dvs. ungefär tio gånger så mycket som den nuvarande konsumtionsnivån. Detta förutsätter emellertid att alla avverkningsrester går till etanoltillverkning,

⁸⁹ För en närmare diskussion om detta, se Wibe (1990).

något som bl.a. skulle innebära att den stora användningen av skogsråvara i våra fjärrvärmeverk upphörde.

Appendix 2 till kapitel 4: koldioxideffekter av det svenska etanolprogrammet på lång sikt

A2.1 Vad händer om den svenska etanolkonsumtionen stagnerar eller minskar?

I avsnitt A1:2 diskuterades på ett principiellt plan vad som händer om etanolkonsumtionen stagnerar eller minskar. Frågan är relevant eftersom (som vi sett) de stora utsläppseffekterna kommer då produktionen ökar och man av detta skäl tvingas att odla upp nya jordar. En politiskt viktig fråga kan då vara om man skall fortsätta att subventionera etanolen för att hålla konsumtionen konstant. Vi behandlar fallen var för sig.

A2.2 Konstant konsumtionsnivå

Låt oss anta att konsumtionen nått taket 1 000 000 m³ etanol, och den kommer till 50% från brasilianskt socker och till 50% från spannmål. Eftersom konsumtionen är konstant skulle detta framgent leda till utsläpp motsvarande $(221+60)/2 = 140$ g per km. De totala utsläppen från konsumtionen om 1 mdr. liter skulle då bli $109 \times 7,15 \times 140 \text{ g} = 1\,001$ miljoner ton. Om motsvarande transportarbete skulle ha utförts med bensin skulle utsläppen blivit $109 \times 7,15 \times 278 \text{ g} = 1\,988$ miljoner ton CO₂e. Besparingen av att använda etanol varje år blir då = 0,987 miljoner ton CO₂. Med ett pris om 1 kr per kg CO₂ betyder detta att det skulle vara värt att satsa ca. 0,99 miljarder kronor per år för att behålla den existerande konsumtionsnivån. Omsatt till literpris betyder detta att det ur klimatsynpunkt skulle vara värt att subventionera etanolanvändningen med 1 kr litern. Nuvarande subventionering är ca. 3

gångar så stor. (Och framförallt gäller naturligtvis att detta alternativ är sämre än att minska produktionen eftersom det ger både en utsläppsminskning och en statsfinansiell besparing, se nedan.) Det bör också betonas att resultatet är direkt beroende på vårt antagande om att utsläppseffekten vid ändrad markanvändning är omedelbar.

A2.3 En minskande konsumtion.

Som även framgick i texten i kapitel 3 är ett konkret alternativ att helt övergå till bensindrift vid transporter, dvs. att fasa ut etanolens användning i Sverige. Förmodligen skulle detta bli resultatet om all subventionering upphörde (se nedan). Som framhölls tidigare skulle detta innebära en omvänd uppodlingsprocess, dvs. marker som uppodlats för etanolgrödor skulle stegvis återvända till ursprungstillståndet. Där stäpp uppodlats skulle stäpp återuppstå, och samma sak med skogar osv.⁹⁰ Detta betyder t.ex. att en hektar brasiliansk sockerrörsodling så småningom återvänder till en "Cerrado" med ett kolinnehåll i marklagret och växtligheten motsvarande ca. 200 ton CO₂e, dvs. motsvarande ca. 55 ton kol per ha.

Vi skall med ett exempel belysa vad ett program för minskning av etanolen i Sverige skulle få för betydelse. För att förenkla det hela antar vi att vi omedelbart ersätter 1 000 000 m³ etanol med bensin. (Det ändrar inget om vi antar att minskningen istället sker över 5-10 år). Samtidigt antar vi att de marker som då återställs bygger upp sitt ursprungliga kollager under ett antal år till det att jordarna "mättats", vilket vi antar sker då de innehåller ca. 55 ton C, dvs. motsvarande en absorption = 200 ton CO₂ per hektar. Våra alternativ är alltså följande:

Alternativ I = Fortsatt användning av 109 liter etanol med ett transportarbete = 7,15x10⁹ km, inga markeffekter.

Alternativ II = Direkt övergång till bensin till samma transportarbete med den markeffekten att de ursprungliga markerna återställs inom 30 år.

⁹⁰ Observera att alla kalkyler gäller *ceteris paribus*, dvs. när allt annat i omvärlden är helt oförändrat.

Vi utgår från fördelningen 50-50 mellan brasiliansk och annan etanol. Efter 30 år kommer då marker runt om i världen att ha byggt upp ett kolförråd motsvarande $(316+170) \times (30)/2 = 7\,290$ gram CO_2e per årskilometer transportarbete dvs. totalt $7\,290 \times 7,15 \times 10^9$ gram = 52 miljoner ton CO_2e . Detta betyder ett årligt upptag av motsvarande ca. 1,7 miljoner ton CO_2e vilket innebär att upptagsprocessen pågår ca. 60 år tills marken är ”kolmättad”.

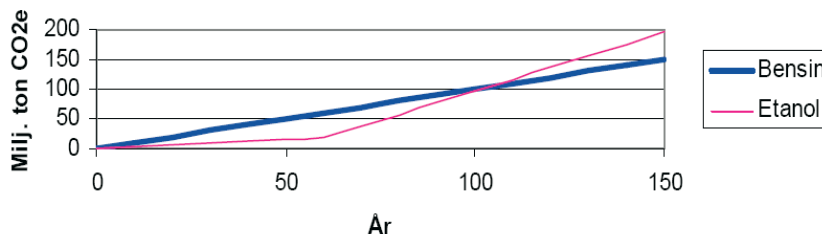
Om vi då räknar på de värden vi hade tidigare får vi:

Alternativ I. Etanoldrift. Utsläpp (miljoner) 1,001 ton CO_2e per år

Alternativ II. Bensindrif. Åren 1-60 (netto-)utsläpp = 0,288 (miljoner)ton/år. År 61 – Utsläpp = 1,988 (miljoner) ton per år .

I figurform och med ackumulerade värden ser detta ut som följer:

Figur 13 Ackumulerade utsläpp av CO_2e vid en eventuell aveckling av etanolanvändningen jämfört med motsvarande utsläpp från bensindrif.



Under de första dryga 100 åren kommer en övergång till ren bensindrif att ge mindre utsläpp än fortsatt användning av etanol, något som naturligtvis beror på att kollagret på de tidigare etanolarealerna byggs upp igen. När den tidigare etanolodlade marken är ”kolmättad”, vilket vi antar sker efter 60 år, är besparingen som störst. Då har bensinalternativet lett till att ca. 40 miljoner ton CO_2e mindre finns i atmosfären jämfört med alternativet med etanoldrift. Efter ca. 100 år innebär de båda alternativen lika stora ackumulerade utsläpp. Huvudresultatet är alltså identiskt med tidigare: på ca. 50 års sikt innebär etanolanvändningen ett ökat utsläpp av VHG.

Appendix 3 till kapitel 5: Några kommentarer till sambandet mellan bibränslen och matpriser

Sedan sekelskiftet har världsmarknadspriserna på de flesta jordbruksprodukter stigit raskt. Ett sammansatt index över spannmålspriserna från IFPR⁹¹ (International Food Policy Research INstitute) visar t.ex. på en stegring av priserna från 2000 till 2007 på 55%. En simuleringsmodell baserad på prisutvecklingen 1990-2000 gav vid handen att utan expansionen av etanolproduktionen skulle stegringen varit 30% lägre, cirka 42%. IFPR gör i samma studie en analys av vad det skulle innebära för livsmedelspriserna om produktionen av bibränslen (i) frystes på nivån för 2007 och (ii) om den upphörde helt år 2007. Resultaten var som följer:

Gröda	2007 års nivå konstant	Biobränsleproduktion upphör
Majs 2010	-6%	-20%
Majs 2015	-14%	-21%
Vete 2010	-2%	-8%
Vete 2010	-4%	-11%
Socker 2010	-1%	-11%
Socker 2015	-4%	-12%
Oljor 2010	-2%	-1%
Oljor 2015	-6%	-1%
Cassava 2010	-2%	-14%
Cassava 2015	-5%	-19%

⁹¹ IFPR (2008).

IFPR konstaterar att uppenbarligen är biobränslen (och i synnerhet subventionerna till denna näring) en drivande faktor bakom matprisstegringarna under början av 2000-talet, även om andra faktorer spelat in.

I en annan analys⁹² gör IFPR ett scenariefall med tre olika scenarier:

- I Scenario I. Biobränslenas andel av alla transportbränslen är 10% år 2010, 15% 2015 och 20% 2020.
- I Scenario II sker ett genombrott för cellulosätanol vilket gör att mängden grödor som går till bioetanol (och biodiesel) slutar öka och stannar vid 2015 års nivå.
- I Scenario III slutligen laseras teknikgenombrott för både bioteknik och cellulosätanol.

Hur som helst så ledde dessa scenarier till följande utfall.

Procents stegring av priset på respektive livsmedel fram till år 2020.

	Scenario I	Scenario II	Scenario III
Kassava	135	89	54
Majs	41	29	23
Oljevaxter	76	45	43
Sockerbetor	25	14	10
Sockerrör	66	49	43
Vete	30	21	16

IFPRs slutsats av detta är att det finns en verklig trade-off mellan mat och bränsle, men att stora delar av denna konflikt kan hanteras om det sker rätt teknikutveckling, en slutsats som knappast är förvånande.

I JRC (2008) sid 17 analyseras effekterna för EUs del. Att uppfylla målet om om 10% etanol i bensinen år 2020 kräver totalt cirka 2,5% av världens spannmål. Detta skulle leda till en prisökning på spannmål på 4%. Målet om 10% biodiesel kräver 19% av världens bioolja (t.ex.palmolja) och leder till en prisökning på minst 24%.

⁹² IFPR (2006).

I en studie från Världsbanken (World Bank, 2008) analyserar man tre faktorer bakom den snabba stegringen av matpriserna: biobränslen, den svagare dollarn samt stegringen i oljepriset. Slutsatsen är att den viktigaste faktorn var ökningen i efterfrågan på biobränsle från USA och EU. Denna efterfrågan var vidare, menar man, ett resultat av en medveten politik från de olika regeringarna och inte något som på naturlig väg stimulerades fram av marknadskrafterna. Ökningen i matpriserna leddes av priset på spannmål och åtföljdes av priset på fetter och olja. Från januari 2005 till juni 2008 tredubblades priset på majs, vete ökade 127% och ris med 170%.

De flesta ekonomer tillskrev stegringen ökningen i efterfrågan på biobränslen, tillverkade från majs, sojabönor och korn (Glauber, 2008). WB (2008) ansåg att ökningen i biobränslens efterfrågan stod för 70% av stegringen i majspriser, och 40% av ökningen för sojabönor⁹³. Collins (2008) kom, genom att använda en matematisk simuleringsmodell, fram till att 60% av ökningen av majspriser berodde på den ökade användningen av majs i etanol. IFPR (2008) använde en allmän jämviktsmodell som gav resultatet att 30% av ökningen i spannmålspriserna 2000-2007 orsakades av etanolstasningarna.

Det råder således stor enighet om att biobränslen var en huvudfaktor bakom de stegrade priserna, men det finns även andra förklaringar. T.ex. i en nyligen publicerad rapport från Jordbruksdepartementet (Trostle, 2008) pekas på den fallande dollarn, ökade energipriser osv. Andra förklaringar är torka och dåliga skördar i Ukraina och Australien, liksom den kraftigt ökade efterfrågan från snabbväxande ekonomier som Kina och Indien. Ingenstans finns dock en kvantifiering av dessa effekter.

Vill man sammanfatta de översiktsstudier som gjorts kan man säga att det för det första råder stor enighet om att etanolsatsningarna varit en betydelsefull faktor bakom stegringen på olika livsmedels- och foderråvaror som t.ex. majs, vete och sojabönor. Rent kvantitativt landar de flesta studier i slutsatsen att etanolen stod för 20-40% av prisstegringarna under perioden 2000-2008. Det bör dock tilläggas att detta resultat bygger på data fram till 2008 och alltså inte tar hänsyn till det kraftiga prisfall (på t.ex. spannmål) som inträffat från hösten detta år.

⁹³ WB (2008) sid 4.

Förteckning över tidigare rapporter till EMS

2009

- Kan vi påverka folks miljöattityder genom information? En analys av radiosatsningen "Klimatfeber".
- Höghastighetsjärnvägar – ett klimatpolitiskt stickspår.
- Statens ekonomiska ansvar vid naturkatastrofer och stora industriella olyckor.
- Suggestions for the Road to Copenhagen.

2008

- Biologiskt mångfald – en analys av begreppet och dess användning i en svenska miljöpolitiken.
- Att vända skutan – ett hållbart fiske inom räckhåll.

2007

- Sveriges klimatpolitik – värdet av utsläppshandel och valet av målformulering.
- Svensk politik för miljö och hållbar utveckling i ett internationellt perspektiv – en förhandlare reflekterar.
- Miljöpolitik utan kostnader? En kritisk granskning av Porterhypotesen.
- A broader palette: The role of technology in climate policy.

2006

- Medvind i uppförsbacke – en studie av den svenska vindkrafts-
politiken.

Rapportserien kan köpas från Fritzes kundtjänst.

Beställningsadress:
Fritzes kundtjänst
106 47 Stockholm
Orderfax: 08-598 191 91
Ordertel: 08-598 191 90
E-post: order.fritzes@nj.se
Internet: www.fritzes.se

Tryckt av Edita Sverige AB
Stockholm 2010

ISBN 978-91-38-23336-8