Utgivningsår 2011

Strategisk bioenergiforskning

En kunskaps-sammanställning och syntes av forskningsprojekt finansierade av Energimyndighetens bränsleprogram 2007-2011

ER 2011:21

Böcker och rapporter utgivna av Statens
energimyndighet kan beställas via
www.energimyndigheten.se
Orderfax: 08-505 933 99
e-post: energimyndigheten@cm.se

© Statens energimyndighet

ER 2011:21

ISSN 1403-1892

Förord

Energimyndighetens forskningsprogram Uthållig tillförsel och förädling av biobränsle, även kallat Bränsleprogrammet, pågick från 2007-01-01 till 2011-06-30. Resultaten från programmet redovisas i syntesrapporter för programmets olika delområden. Syftet med syntesrapporterna är att sammanställa kunskapen inom olika områden, att identifiera kunskapsluckor som behöver belysas vidare samt att placera och diskutera de sammanvägda forskningsresultaten i ett större energi- och samhällsperspektiv.

Denna rapport omfattar området strategisk kunskap, dvs frågor som har betydelse ur policyperspektiv, ur handels- och marknadssynpunkt samt ur systemperspektiv. Rapporten behandlar projekt inom programmet Uthållig tillförsel och förädling av biobränsle, näraliggande enskilda projekt som Energimyndigheten finansierar, samt viss annan nationell och internationell näraliggande verksamhet. Ambitionen har dock inte varit en fullständig genomgång av den internationella litteraturen.

Projektet har genomförts av Jenny Gode (projektledare), Mathias Gustavsson, Jonas Höglund, Sofie Hellsten, Fredrik Martinsson, och Johanna Stadmark, samtliga på IVL Svenska Miljöinstitutet. Rapporten har granskats av Energimyndigheten. En referensgrupp har lämnat värdefulla synpunkter under arbetets gång.

Det är vår förhoppning att denna syntesrapport ska ge läsaren en inblick i kunskapsläget på detta område. Målgruppen för rapporten är forskare, myndigheter, företag och branschorganisationer inom bioenergisektorn samt övriga med verksamhet som berörs av bioenergin.

Birgitta Palmberger

Energimyndigheten

Innehåll

INNEHÅLL **5**

FÖRKORTNINGAR **7**

1 SAMMANFATTNING **9**

1.1 KUNSKAPSSAMMANSTÄLLNING OCH KUNSKAPSLUCKOR 9
1.2 SYNTES 11
1.2.1 Målbild *11*
1.2.2 Systemperspektiv *11*
1.2.3 Marknadsperspektiv *13*
1.2.4 Policyperspektiv *14*

2 SUMMARY **17**

3 OM RAPPORTEN OCH PROJEKTET **19**

3.1 STRATEGISK BIOENERGIFORSKNING – VAD ÄR DET? 19
3.2 SYFTE OCH MÅL 20
3.2.1 Mål *20*
3.3 MÅLGRUPP 20
3.4 AVGRÄNSNINGAR OCH FÖRUTSÄTTNINGAR 20
3.5 METOD 21

4 BAKGRUND **23**

4.1 BIOENERGINS ROLL I SVERIGES ENERGISYSTEM 23
4.2 FRAMTIDA BIOENERGIPOTENTIALER 24
4.3 ENERGI- OCH MILJÖPOLITIK AV BETYDELSE FÖR BIOENERGIN 26
4.3.1 EU:s direktiv om förnybar energi samt dess regler om hållbarhetskriterier *26*
4.3.2 Mål om effektivare primärenergianvändning *27*
4.3.3 Mål om minskning av växthusgasutsläpp *27*
4.3.4 EU:s utsläppshandelssystem, EU ETS *28*
4.3.5 EU:s strategiska energiteknikplan (SET-planen) *28*
4.3.6 Elcertifikatsystemet *28*
4.3.7 Energi- och koldioxidbeskattning *28*
4.3.8 Svenska miljökvalitetsmål *28*
4.3.9 Svensk vision om noll nettoemissioner av växthusgaser år 2050 ..... *29*

5 ENERGIMYNDIGHETENS FRAMÅTBLICKANDE ARBETE AVSEENDE BIOBRÄNSLE **31**

5.1 ENERGIMYNDIGHETENS BRÄNSLEPROGRAM 33

6 KUNSKAPSSAMMANSTÄLLNING **35**

6.1 MILJÖPÅVERKAN, KOLBALANSER OCH KLIMATPÅVERKAN 36
6.1.1 Miljökonsekvenser av skogsbränslesystem *36*
6.1.2 Växthusgasberäkningar enligt förnybarhetsdirektivet *38*
6.1.3 Kolbalanser *40*
6.1.4 Bioenergi och markanvändningsförändringar *45*
6.1.5 Kväveläckage och direkta utsläpp av växthusgaser vid odling av biodrivmedelsgrödor *46*
6.1.6 Bioenergi och lustgasemissioner *46*
6.1.7 Tidsaspektens betydelse för biobränslens klimatprestanda *48*
6.2 SYSTEM, SCENARIER OCH HANDEL 50
6.2.1 Bioenergisystem – skog *50*

6.2.2 Bioenergisystem – åkermark ... *52*
6.2.3 Biobränslen för småskalig brikettering och pelletering ... *55*
6.2.4 Var i energisystemet gör biobränslen störst nytta? ... *56*
6.2.5 Bioenergiscenarier ... *59*
6.2.6 Biobränslehandel ... *62*
6.3 BIODRIVMEDEL ... 65
6.3.1 Biodrivmedlens miljöprestanda ... *65*
6.3.2 Energi- och klimateffektiva biodrivmedelskedjor ... *70*
6.3.3 Potentialen för ökad biodrivmedelsproduktion ... *71*
6.4 STANDARDISERING & CERTIFIERING ... 72
6.4.1 Strategisk betydelse av standardiseringsarbete ... *72*
6.4.2 Certifieringssystem för bioenergi & biodrivmedel ... *73*
6.4.3 Standardisering kring hållbarhetskriterier för biobränslen ... *73*
6.4.4 Databaser för biomassabränslen och askor ... *74*
6.4.5 Standarder för referensmetoder för mätning av kemiska parametrar ... *75*

7 KUNSKAPSLUCKOR ... 77

7.1 MILJÖEFFEKTER, KOLBALANSER, LUSTGAS ... 77
7.2 SYSTEM, SCENARIER OCH HANDEL ... 80
7.3 BIODRIVMEDEL ... 82
7.4 STANDARDISERING ... 83

8 SYNTES ... 85

8.1 MÅLBILD ... 85
8.2 KUNSKAPSSAMMANSTÄLLNING SPEGLAD I MÅLBILD ... 86
8.2.1 Miljöpåverkan, kolbalanser och klimatpåverkan ... *86*
8.2.2 System, scenarier och handel ... *92*
8.2.3 Biodrivmedel ... *97*
8.2.4 Standardisering och certifiering ... *98*

9 SLUTSATSER ... 101

10 REFERENSER ... 103

BILAGA A. SAMMANFATTNING AV PROJEKT SOM INGÅTT I SYNTESARBETET ... 109

Förkortningar

CEN	European Committee for Standardization
ECN	Centre for Energy Research and Development
ESS	Effektivare skogsbränslesystem
EU	Europeiska Unionen
FoU	Forskning och utveckling
GROT	Grenar och Toppar
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
ISO	International Organization for Standardization
LCA	Livscykelanalys
MKB	Miljökonsekvensbeskrivning
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
RED	Förnybarhetsdirektivet (2009/28/EC)
SET	Strategisk plan för energiteknik, EU:s Strategic Energy Technology Plan
SLF	Stiftelsen lantbruksforskning
SLU	Sveriges lantbruksuniversitet
TWh	Terawattimme
RSB	Roundtable of Sustainable Biofuels
RSPO	Roundtable of Sustainable Palm Oil
Bonsucro	Better Sugar Cane Initiative
FSC	Forest Stewardship Council

1 Sammanfattning

Energimyndigheten har under 2007-2011 drivit programmet ”Uthållig tillförsel och förädling av biobränsle”, även kallat Bränsleprogrammet. För att sammanfatta kunskapsläget, visa på kunskapsluckor och analysera resultaten i ett större sammanhang, har tre olika syntesprojekt genomförts i programmets slutskede. Denna rapport är en sådan syntes och behandlar området strategisk bioenergiforskning. Med ”strategisk” avses i detta sammanhang forskning som är av betydelse ur system-, marknads- och policyperspektiv. Arbetet grundar sig på forskning genomförd i Energimyndighetens regi, främst inom Bränsleprogrammet.

Rapporten utgör slutrapport för syntesprojektet om strategisk bioenergiforskning och omfattar kunskapssammanställning, kunskapsluckor och syntes. Resultaten från syntesprojektet har utgjort underlag för planering av nya forskningsprogram inom Energimyndigheten. Syntesprojektet har tidigare levererat en delrapport enbart omfattande preliminär kunskapssammanställning och kunskapsluckor.

1.1 Kunskapssammanställning och kunskapsluckor

Kunskapssammanställningen och kunskapsluckorna, liksom syntesen, är indelad i de fyra områdena Miljöpåverkan, kolbalanser och lustgas, System, scenarier och handel, Biodrivmedel samt Standardisering och certifiering. Arbetet har baserats på projektplaner och publikationer för ett fördefinierat antal projekt som genomförts inom Energimyndighetens regi och på intervjuer och diskussioner med projektledare och syntesansvariga. Dessutom har ett flertal seminarier och workshops också givit underlag för sammanställningen. Andra studier har också beaktats i viss mån. Resultaten visar att det föreligger forskningsbehov av strategisk karaktär inom ett antal viktiga frågor, bland andra:

Miljöeffekter, kolbalanser, lustgas

- Insatser som fokuserar på ett helhetsgrepp kring produktion och uttag av biomassa. Här finns behov av fler systemstudier som tar hänsyn till såväl positiva som potentiellt negativa miljöeffekter. Helhetsgrepp kring olika parametrar som påverkar klimatprestanda för biobränslen behöver också inkluderas i fler studier. Ofta analyseras endast en parameter enskilt.
- Beräkningar kring hållbarhetskriterier[1] rörande olika råvaror och produktionssätt, till exempel vilka bränslen och produktionssätt som kommer att gynnas av EU:s hållbarhetskriterier och tvärtom.
- Vad är hållbarhet och hur kan detta avspeglas i långsiktiga hållbarhetskriterier?

[1] I EU:s direktiv om främjande av energi från förnybara energikällor (2009/28/EG) definieras hållbarhetskriterier som måste uppfyllas för att flytande biobränslen samt biodrivmedel ska betraktas som förnybara. Det är också högst troligt att hållbarhetskriterier för fasta biobränslen kommer att upprättas och förslag finns. Beslut är dock ej fattat ännu (2011-05-31).

- Växthusgasbalanser inklusive lustgasemissioner under förändrad markanvändning och under olika störningsregimer samt inkluderande albedoeffekter.
- Studier kring tidsaspektens betydelse för klimatprestanda. Klimatprestandan för ett bränsle påverkas starkt av om/hur det tas i beaktande att utsläpp och upptag av koldioxid är separerade i tiden vid användning av biomassa för energiändamål. Ett flertal metodaspekter påverkar också resultaten och för att kunna jämföra resultat från olika studier krävs harmonisering.

Bioenergisystem

- Olika styrmedels påverkan på efterfrågan på biobränsle, till exempel vad kommande EU-direktiv medför för konsekvenser på tillgång på svensk biomassa.
- Systemstudier kring effekter av olika mål som underlag för beslut. Det finns behov av att undersöka hur t.ex. energieffektivisering och förändrad energianvändning påverkar bioenergibehovet. Vidare behövs systemstudier som inkluderar effekter och konsekvenser på såväl kort som lång sikt. Det behövs som underlag för långsiktiga beslut. Systemstudier och scenarier kan också ge underlag för utformning av styrmedel för att nå önskade mål.
- Studier av målkonflikter som kan uppstå vid olika bioenergianvändning behövs. Dessa bör inte enbart fokusera på att identifiera målkonflikterna utan minst lika viktigt är att också analysera hur konflikterna kan lösas och vilka avvägningar som behövs. Metoder för denna avvägning behövs också.
- Det finns behov av konsekvensanalyser kring hur implementeringen av EU:s förnybarhetsdirektiv (2009/28/EG) kan påverka efterfrågan på svenska biobränslen och utvecklingen av fungerande internationella bioenergimarknader. Insatserna bör också fokusera på hur en förändrad konkurrenssituation påverkar biobränslemarknaderna och vad som krävs för en väl fungerande biobränslehandel.

Biodrivmedel

- Systemanalys kring andra generationens biodrivmedel. Här finns behov av studier kring potentialuppskattningar samt teknik- och systemanalys för kommande biodrivmedel.
- Hur systemstudier och LCA i praktiken kan implementeras.
- Praktiskt genomförande av certifiering för biodrivmedel. På en växande bioenergimarknad krävs kunskap om hur certifieringssystem kan utformas på ett effektivt och ekonomiskt optimalt sätt.

Standardisering och certifiering

- Det är viktigt att Sverige även framgent deltar aktivt i och kommunicerar de nationella behoven i pågående och kommande standardiseringsarbeten, både nationellt och internationellt. På en allt mer globaliserad biobränslemarknad krävs gemensamma standarder då förhållandena kan skilja sig väsentligt mellan olika länder.

1.2 Syntes

1.2.1 Målbild

Den syntes som presenteras i denna rapport grundar sig på en målbild baserad på den förenklade beskrivningen av Energimyndighetens arbete med biobränslen:

mer, bättre och billigare biobränslen producerade under hållbara former och med hänsyn tagen till sammanvägda klimateffekter

Målbilden är snarare att betrakta som ett långsiktigt processmål och är inte direkt knuten till ett specifikt årtal då målet skall vara uppnått. Målbilden är inte heller statisk utan utgörs av en rad variabler som är dynamiska, exempelvis kunskapsbildning i en given stund kring vad som är hållbart, och vad som avses med ”hänsyn” kopplat till klimat. Detta gäller även för vad som skall tolkas som bättre, då detta skall ses i relation till annan resurs. Just denna dynamik visar på vikten av forskning och generering av ny kunskap inom fältet, men även en lyhördhet avseende att vad som uppfattas ligga i linje med målbilden, kan behöva justeras i och med att ny kunskap och erfarenhet ackumuleras.

Målbilden kopplar väl till definitionen av vad som är strategiskt (forskning av betydelse för policy, marknad och ur systemperspektiv) och har använts för att analysera resultaten i kunskapssammanställningen i ett vidare energisammanhang.

1.2.2 Systemperspektiv

Systemperspektiv är viktigt för att analyser av miljö- och klimatprestanda för olika bioenergialternativ ska kunna användas som underlag för mer långsiktiga beslut och policies.

Vid helhetsanalys av klimatprestanda för biobränslen måste hänsyn tas till ett antal faktorer: effektivitet i hela kedjan (verkningsgrad, förluster, hjälpenergi m.m.), eventuella förändringar av kolbalanser i ekosystemet (mark + växtlighet) vid uttag av biomassa, eventuella utsläpp av lustgas och metan (kan uppstå vid förbränningen, lustgas kan dessutom uppstå vid odlingen) samt tidsaspekten (om och hur hänsyn tas till skillnaden i tid avseende utsläpp och upptag). Utöver dessa faktorer så påverkas den totala klimatnyttan förstås också av vilket bränsle som biobränslet ersätter och för vilket ändamål. Det är av största vikt att hänsyn tas till hela kedjan från resurs till tillgodogjord nytta då analysen av klimatnytta görs. Av syntesen framgår att skogsbränslen kräver låg insatsenergi i förhållande till fossila bränslen, och även i förhållande till jordbruksgrödor. Även om det finns potential för ytterligare effektivisering av skogsbränslesystemen med avseende på energibalan-

serna, så bör man även väga in andra aspekter och titta på möjligheterna att förbättra kostnadsläget, bränslekvalitet, miljö osv.

Förutom att väga in olika faktorer i analys av klimatprestanda är det också viktigt att ta ett vidare helhetsgrepp och vidga perspektiven till att även inkludera andra effekter (ekosystemtjänster, vattentillgång och så vidare). Ett helhetsgrepp och systemperspektiv bör omfatta att inte enbart studera individuella miljökonsekvenser utan att sätta dessa i relation till andra miljöeffekter och aspekter. Detta kan innebära att ställa olika miljöfrågor mot varandra, vilket kan skapa målkonflikter – ett annat viktigt område som identifierats som kunskapslucka i syntesen. Det finns några exempel på studier som har kopplat ett större helhetsgrepp för att sammanställa miljövinsterna från den producerade bioenergin (e.g. Hellsten m.fl., 2007, Lindholm, m.fl., 2010a & 2010b, Belyazid m.fl., 2010). Det gäller också den syntes om skog som tagits fram parallellt med detta projekt (de Jong m.fl., 2011). Av den syntesen framgår att uttaget av skogsbränslen kan öka med 27 TWh utan att nämnvärt äventyra miljökvalitetsmålen, givet att 80 % GROT tas ut på beståndsnivå och 60 % på landskapsnivå (de Jong m.fl., 2011).

Flera projekt har analyserat var biobränslen gör störst nytta i energisystemet givet olika mål. Även om resultaten från studierna inte är entydiga så kan det konstateras att några åtgärder generellt är viktiga. Det gäller exempelvis att alltid sträva efter högeffektiva bränslekedjor, att samproduktion (exempelvis kraftvärme eller energikombinat) ger högre totalverkningsgrad och att utfasningen av olja och direktverkande el bör fortsätta. En annan aspekt när det gäller högeffektiv användning av bioenergiresurser är utvecklingen av värmeunderlaget. Energieffektiviseringen av bebyggelsen samt klimatförändringar kommer att minska behovet av värme. Avsättning för värmen är väsentligt för att åstadkomma högeffektiva bioenergikedjor (exempelvis för produktion av el och biodrivmedel). Det påverkar också möjligheten att uppnå mål om effektivare primärenergianvändning och kopplar således även till policyperspektivet.

I valet mellan olika användningar är endast effektivitet och klimatnytta ett alltför snävt synsätt; perspektivet behöver vidgas till att också ta hänsyn till vilken nytta olika energislag gör i samhället som helhet, dvs. vad som är samhällsekonomiskt rationellt. Detta synsätt tar även hänsyn till andra discipliner såsom biodiversitet, påverkan på landskapsbilden, socioekonomiska konsekvenser och inte minst hänsyn till Sveriges miljökvalitetsmål.

På lång sikt finns potential och behov av att ytterligare effektivisera bioenergikedjorna ur klimatsynpunkt, även om dagens bioenergikedjor i de flesta fall har hög klimateffektivitet. EU:s hållbarhetskriterier för biodrivmedel och flytande biobränslen kommer att skapa en drivkraft för effektiva bränslekedjor eftersom biobränslen med ineffektiv omvandling inte kommer att klassas som förnybara.

I ett val mellan att låta den stående biomassan fungera som kolsänka eller att odla biomassa för bioenergi är det viktigt att veta vad som ger störst klimatnytta och vilka energigrödor som då kan komma ifråga, samt hur stora produktionspotentialerna är i förhållande till behoven. En slutsats från kunskapssammanställningen är att klimateffekterna av både stubbar och GROT för energiändamål är att föredra

jämfört med fossila alternativ när hänsyn tas till insatsenergi och utsläpp av klimatgaser på lång sikt[2]. När i tiden utsläpp och upptag sker (tidsaspekten hos biobränslen) är en av flera delar i en väl fungerande biobränslekedja. Kunskapen om så kallade snabba och långsamma biobränslen behöver kompletteras med övriga förutsättningar som till exempel potential, utbredningsområden, skötselkrav och slutanvändningsområden. I detta sammanhang ska tilläggas att bränsle från skogen, om de uppkommer i och med andra åtgärder som till exempel avverkning, inte medför några markanvändningsförändringar i betydelsen att mer mark tas i anspråk. I det långa loppet krävs ett standardiserat sätt att behandla tidsaspekten vid beräkning av växthusgasbalanser av biobränslen. Det krävs transparens vid val av tidsperspektiv för att göra det möjligt att jämföra olika studier på biobränslen.

1.2.3 Marknadsperspektiv

I takt med att marknaden expanderar och mer biomassa efterfrågas för att uppnå energi- och klimatmål, kan konkurrensen om biomassan öka för olika ändamål och mellan olika sektorer. Särskilt kan konkurrens uppstå mellan transportsektorn, energisektorn och skogsindustrin. På många sätt finns idag synergier mellan dessa sektorer som innebär högre effektivitet än vad som annars hade varit fallet.

Idag finns inte någon större konkurrens mellan biomassa för transporter eller för andra ändamål eftersom biodrivmedel som idag används dels produceras från andra sortiment (främst från jordbruket) och dels i stor utsträckning importeras. I takt med utvecklingen av andra generationens biodrivmedel kan situationen dock förändras med en ökad konkurrens som följd. En ökad konkurrens kan på många sätt vara gynnsam då det ger incitament till klimateffektiviseringar i olika led och att marknadskrafterna bidrar till att fördela biomassaresurserna på ett rationellt sätt. Fortsatt och/eller ökad samverkan mellan bland andra skogs-, energi- och transportsektorn kan bidra till hög systemeffektivitet och dessutom till att biomassan kan utnyttjas mer lokalt vilket innebär lägre transportkostnader.

En motsats till lokal användning som starkt påverkar konkurrensen är utvecklingen av internationell handel med biobränslen. Det innebär att både tillförsel av biobränslen till Sverige och efterfrågan på svenska biobränslen kommer att förändras. En ökad internationell handel ställer krav på gemensamma system för handel och överenskommelser hur biobränslens klimatprestanda ska värderas och kvantifieras. Internationella avtal behöver också omfatta andra effekter än klimat om biobränslena ska betraktas som hållbara.

Infrastruktur är nödvändigt för att kunna distribuera och göra biobränslen tillgängliga för konsumenter. En långsiktig utfasning av de fossila alternativen kan dra nytta av att en övergång sker där infrastrukturen för fossila bränslen successivt anpassas till olika typer av biobränslen. Biobränslen är känsligare för långtidslagring än de fossila bränslena men i och med att handeln utvecklas är det troligt att vi får se lagringsterminaler för biobränslen som en naturlig del av den biobränsle-

[2] Notera att för stubbar gäller detta förutsatt att inte omrörningseffekter i samband med stubbskörd leder till omfattande nedbrytning av markens organiska material som överstiger de tillväxtstimulerande effekterna av markomrörningen.

baserade infrastrukturen. Detsamma gäller för flytande biobränslen och olika typer av biodrivmedel.

Skogen, som utgör basen och merparten av den resurs för bioenergi som används i Sverige idag, kommer troligen att bli än viktigare i framtiden som bioenergikälla och den internationella handeln kommer att öka. Ökad handel kommer också att förändra konkurrensen om biomassan dels om olika bränslesortiment och dels mellan olika sektorer. Möjligheterna till handel med biomassa och biobränsle förväntas öka i framtiden vilket också ökar möjligheterna att använda bioenergin där den bäst behövs. Däremot så kommer detta troligen innebära att biobränslen i mindre utsträckning hämtas från lokala tillgångar vilket ökar behovet av transporter med högre hjälpenergibehov som trolig följd. Hur produktionsanläggningarna lokaliseras är viktigt att ta hänsyn till då det ger möjlighet att utnyttja regionala värmebehov, avsättning för spillvärme etc.

Den ekonomiska, och kanske speciellt den samhällsekonomiska aspekten, är intressant då biobränslen för olika ändamål analyseras. Biobränsleproduktion bidrar till arbetstillfällen och försörjningsmöjligheter på landsbygden. Kostnader och intäkter skiljer sig åt, men även behov av infrastruktur som transport- och förädlingsmöjligheter.

1.2.4 Policyperspektiv

Inom policyområdet behövs studier kring hur biomassan kan ge bäst nytta för samhället, vilket ibland kan inbegripa värdering av olika mål mot varandra. Samhällens olika mål kopplat till energisystemet och olika miljömål kan alltså orsaka potentiella målkonflikter men också synergier. Efterfrågan på biobränslen från skog och åker ökar, vilket bland annat är drivet av ökade oljepriser, strävan efter att minska utsläppen av växthusgaser och önskemål om ökad självförsörjning. I Sverige finns numera ett ökat marknadsintresse för den biomassa från skogen som tidigare inte hade någon slutanvändare, som t.ex. avverkningsrester och stubbar. Ett ökat biomassauttag från skogen och skogsbruksåtgärder för att öka produktionen kan medföra effekter på biodiversitet, övergödning, försurning, näringstillgång och miljögifter. Klimatvinsten av att ta ut biomassa från skogen som biobränsle för att ersätta fossila bränslen medför i de flesta fall minskade växthusgasutsläpp.

Intresset för bioenergigrödor från jordbruket kan förväntas öka. En del energigrödor har mycket hög klimatnytta per arealenhet och ger snabb klimatnytta jämfört med exempelvis skogsbränslen. Ett ökat marknadsintresse för dessa grödor kan leda till förändrad markanvändning och konsekvenser för livsmedelsproduktionen. Det finns en potential för ökad effektivitet i livsmedelsproduktion från jordbruket, vilket skulle kunna frigöra mark för odling av energigrödor. Detta i sin tur kan få effekter på miljömål. Idag används exempelvis stora arealer globalt för att producera majs och soja som foder till djur som sedan går till slakt för att producera kött. I ett systemperspektiv finns också ett behov av att sätta miljö-

konsekvenserna av förändrad markanvändning i relation till substitutionseffekterna[3] av fossila bränslen.

Bioenergi från skog och jordbruksmark utgör redan idag en mycket viktig del av Sveriges energitillförsel. Den ökade användningen av bioenergi är också en viktig anledning till att Sverige kunnat minska utsläppen av växthusgaser samtidigt som energianvändningen ökat. Stora förhoppningar ställs till att bioenergin ska kunna utgöra en fortsatt och än mer viktig lösning för uppfyllande av mål om förnybar energi och minskade växthusgasutsläpp. Det är dock avgörande att uttag av biomassa kan ske på ett långsiktigt uthålligt och miljömässigt bra sätt[4]. När biomassa tas ut från skogen förs näringsämnen bort från systemet, vilket kan vara negativt ur närings- och försurningssynpunkt. Det kan samtidigt innebära en minskad risk för kväveutlakning i områden med hög kvävebelastning. Näringstillförsel, exempelvis i form av askåterföring, är ett sätt att kompensera förlusten av viktiga näringsämnen. Kvävegödsling kan innebära ökade lustgasemissioner från skogsmark, men som framgår senare i denna rapport visar de studier som hittills gjorts att lustgasavgången är låg i förhållande till klimatvinsten med gödsling.

[3] Med substitutionseffekter avses den effekt som uppnås genom att till exempel energi baserat på biomassa ersätter fossila alternativ.

[4] Miljöeffekter av skogsbränsleuttag behandlas omfattande i den parallella syntesen ”Konsekvenser av skogsbränsleuttag” (de Jong m.fl., 2010).

2 Summary

During 2007-2011 the Swedish Energy Agency has run the program "Sustainable supply and processing of biofuels". To summarise the state of knowledge, identify knowledge gaps and analyse the results in a broader context, three different synthesis reports have been performed in the program's final phase. This report is one of these synthesis reports and concerns the area of strategic bioenergy research. In this context, "strategic" means research that is of significance from the system, marketing and/or policy perspective. The work is based on research conducted mainly in the research programme "Sustainable supply and processing of biofuels".

This report constitutes the final report of the synthesis project on strategic bioenergy research and includes knowledge compilation, identification of knowledge gaps and synthesis. The results of the synthesis project provide a basis for planning new research programs in the auspices of the Swedish Energy Agency. The two other synthesis projects concern forest fuels as well as energy crops and fuel quality.

The report covers a rather broad field of research, e.g. environmental impact, carbon balances, nitrous oxide, bioenergy systems, scenarios, trade and marketing, standardization and certification. The work has been based on project plans and publications for a predefined number of projects, as well as on interviews and discussions with project leaders. Furthermore, several seminars and workshops also provided information for the compilation. Other studies have also been taken into account to some extent.

The results show that there is need for research of a strategic nature in a number of important issues, including:

- Broad environmental impact assessment of bioenergy systems accounting for both positive and potentially negative environmental effects. Holistic approach on various parameters that affect the climate performance of biofuels also needs to be included.
- Sustainability criteria calculations for various raw materials and fuel chains.
- What is sustainability and how this can be reflected in long-term sustainability criteria?
- Greenhouse gas balances including nitrous oxide emissions under changing land use and different disturbance regimes including albedo effects.
- Time aspects on bioenergy. The climate performance of a fuel is strongly influenced by whether / how it is taken into account that the emission and absorption of carbon dioxide are separated in time.

- System studies on the impact on bioenergy demand of various policy instruments, such as EU directives.
- Examination on how energy efficiency improvement and changes in energy use affects the bioenergy demand. System studies and scenarios can also provide a basis for designing policy instruments to achieve desired goals.
- Studies of goal conflicts that can arise in various bioenergy scenarios. These should not only focus on identifying trade-offs, but equally important is to analyse how conflicts can be resolved.
- Impact studies on how the implementation of the EU renewable energy directive (2009/28/EC) may affect the demand for Swedish biomass and the development of effective international bioenergy markets.
- System analysis on second generation transport biofuels. There is a need for studies of future potentials and technology.
- Studies on implementation of system studies and LCA in practice.
- Practical implementation of biofuel certification. An expanding bioenergy market requires knowledge of how the certification system can be designed in an effective and economically optimal way.
- It is important that Sweden continuously actively participates in international standardisation activities on bioenergy. An increasingly global biofuels market requires common standards although conditions may differ substantially between countries.

The synthesis presented in this report is based on a vision based on the simplified description of the Swedish Energy Agency's mission on biofuels, i.e.:

"more, better and cheaper biofuels produced in sustainable way and taking into account the climate effects"

The vision is a long term objective and not directly tied to a specific year in which the objective is to be achieved. The vision connects well to the definition of strategic bioenergy research (research relevant to policy, market and from system perspective) and has been used to analyse the results in knowledge compilation in a wider energy context.

3 Om rapporten och projektet

Denna rapport omfattar kunskapssammanställning av strategisk bioenergiforskning, identifiering av kunskapsluckor samt en syntes. Rapporten är baserad på ett antal forskningsprojekt som finansierats av Energimyndigheten. En fullständig lista av de ingående projekten återfinns i Bilaga A. Läsaren bör hålla i minnet att det pågår mycket forskning både nationellt och internationellt som inte är direkt inkluderad i denna analys.

3.1 Strategisk bioenergiforskning – vad är det?

Med strategisk bioenergiforskning menar vi i denna rapport forskning som har betydelse ur system-, marknads- och policyperspektiv. Med **systemperspektiv** avses biobränslenas roll i energisystemet inklusive effektiv användning av biomassaresurser med bra miljöprestanda, effektiva bränslekedjor samt bioenergins framtida roll i energisystemet (bioenergiscenarier). När det gäller **marknadsperspektiv** menas vad som krävs för en fungerande biobränslemarknad och -handel, hur industrin påverkas samt konkurrensaspekter både avseende biomassa för olika ändamål och vad gäller markanvändning. **Policyperspektivet** omfattar bioenergins möjlighet att uppnå olika mål och policys. Det innebär också att kunskapen om bioenergins användning i energisystemet omsätts till handling via beslutsfattare och utformandet av nya policys.

Som övergripande policy på kort sikt avses EU:s 20-20-20-mål avseende 20% förnybar energi, 20% reducerade växthusgasutsläpp samt 20% effektivare primärenergianvändning till år 2020. Dessutom ska transportsektorn försörjas med minst 10% förnybar energi samma år. För Sveriges del innebär EU:s bördefördelning av förnybarhetsmålet att Sveriges energitillförsel till minst 49% ska komma från förnybar energi jämfört med ca 40 % år 2005, men Sveriges riksdag har fastställt att 50% ska uppnås[5]. År 1990 var Sveriges andel förnybar energi 33 % och den har sedan dess ökat och uppgick 2009 till 45 %. (Energimyndigheten, 2010)

På lång sikt finns en målbild om biobränslen som är producerade under hållbara former och som är ekonomiskt och marknadsmässigt konkurrenskraftiga. I Energimyndighetens temarapport Fokus III beskrivs en tänkt målbild för växthusgasreduktioner till år 2050. Enligt denna rapport bör Sverige kunna producera både biobränslen för inhemsk produktion och för export. I ett globalt perspektiv består världens energitillförsel till 80 % av fossila bränslen, och behovet av förnybar energi är således stort. (Energimyndigheten 2010b)

Ur policysynpunkt lyfts frågan om målkonflikter, exempelvis om förnybarhetsmål och mål om minskade utsläpp av växthusgaser kan påverka möjligheten att uppnå andra svenska miljömål. Likaså hur miljömålskonflikter ska kunna minimeras

[5] Se exempelvis Sveriges Nationella Handlingsplan för främjande av förnybar energi, Bilaga till regeringsbeslut 2010-06-23, I27, Dnr 2010/742/E (delvis) 2009/7789/E, utgiven 30 juni 2010.

(dvs. att olika hänsyn ska kunna tas), och att avvägningar mellan olika miljö- och andra aspekter ska kunna göras.

3.2 Syfte och mål

Syftet med denna rapport är att presentera en kunskapssammanställning av svensk strategisk bioenergiforskning, att visa på kunskapsluckor samt att sammanställa en syntes.

Kunskapssammanställningen baseras främst på ett antal forskningsprojekt finansierade av Energimyndigheten. Det är viktigt att poängtera att kunskapssammanställningen inte utgör en fullständig sammanställning över den kunskap som finns att tillgå på detta område. Internationellt pågår till exempel ett omfattande standardiseringsarbete kring biobränslen, vilket diskuteras i avsnittet om syntes i denna rapport (avsnitt 8).

De projekt som utgör grund för denna rapport finns angivna i Bilaga A. Projekten och den kunskapssammanställning som redovisas i avsnitt 6 utgör underlag för syntesarbetet. Urvalet av projekt är nationellt och projekten är finansierade av Energimyndigheten. Dock görs utblickar inom vissa områden. Syntesen utgör, tillsammans med andra synteser, en utgångspunkt för de nya forskningsprogram om bioenergi som Energimyndigheten påbörjar 2011. Arbetet ska också fungera som ett kommunikationsdokument för de resultat som tagits fram inom ramen för Bränsleprogrammet 2007-2010.

3.2.1 Mål

- Kartläggning av den forskningen på bioenergiområdet utifrån fördefinierade projekt i Bilaga A
- Identifiering av frågor av strategisk karaktär som återstår att besvara för att säkra en långsiktig och uthållig produktion och användning av biobränslen
- Att placera kunskapen i ett större (energi-)sammanhang och koppla kunskapen till aktuella energi-, miljö- och klimatfrågor (syntesen)
- Att bidra med underlag för kommande forskningsprogram och satsningar inom Energimyndigheten

3.3 Målgrupp

Rapporten riktas mot målgrupper inom näringsliv, myndigheter, forskarvärld och politik som arbetar med bioenergi på strategisk nivå. Den ska kunna förstås även av andra än specialister.

3.4 Avgränsningar och förutsättningar

Fokus har varit på preliminär kunskapssammanställning utifrån ett antal förutbestämda projekt som identifierats i samarbete med Energimyndigheten, se Bilaga A. För att inhämta så mycket information som möjligt har ett flertal intervjuer

genomförts för att bedöma vilka frågor som kommer att besvaras inom ramen för det pågående bränsleprogrammet.

3.5 Metod

Projektets empiri baseras på resultat och erfarenheter från de projekt som studerats. Information har inhämtats dels genom analyser och sammanställningar av projektrapporter och litteratur och dels genom intervjuer med ett flertal projektledare. Intervjuerna var särskilt viktiga i projektets första skede för att inhämta information om resultat som inte i det skedet hade publicerats..

Till detta läggs ett antal projektmöten, seminarier och workshops där resultat och processen kring arbetet med syntesen beskrivits och analyserats. Bland annat har tre möten med de två övriga syntesarbetena genomförts där metoder och ansatser i syntesarbetet diskuterats. Vidare har projektmedlemmar deltagit i ett antal forskarseminarium, bland annat om växthusgaser och ett om stubbar.

Analysen har utgått från en målbild som baseras till stor del på det regeringsuppdrag som Energimyndigheten har (SFS 2007). Under projektets gång har målbilden i viss mån förändrats. I början av projektet upplevde författarna att de mål som kopplas till EU:s 20-20-20-mål[6] var relevanta och konkreta i avseende på en analys av svensk biobränsleforskning. Dock har det alltmer framstått som att den strategiska dimensionen ligger längre in i framtiden. Den målbild som diskuteras i syntesen är icke tidsbestämd, utan är snarast att betrakta som ett processmål där ständiga förbättringar kan göras.

Analysen utgår i huvudsak från kunskapssammanställningen och är därmed relativt avgränsad. I de kunskapsluckor som identifieras i analysen och även i syntesen tangeras en rad områden som berörs av annan forskning.

Under projektets genomförande har en referensgrupp fungerat som bollplank. En rapport som utgjordes av en preliminär kunskapssammanställning med identifierade kunskapsluckor lämnades in i juni 2010.

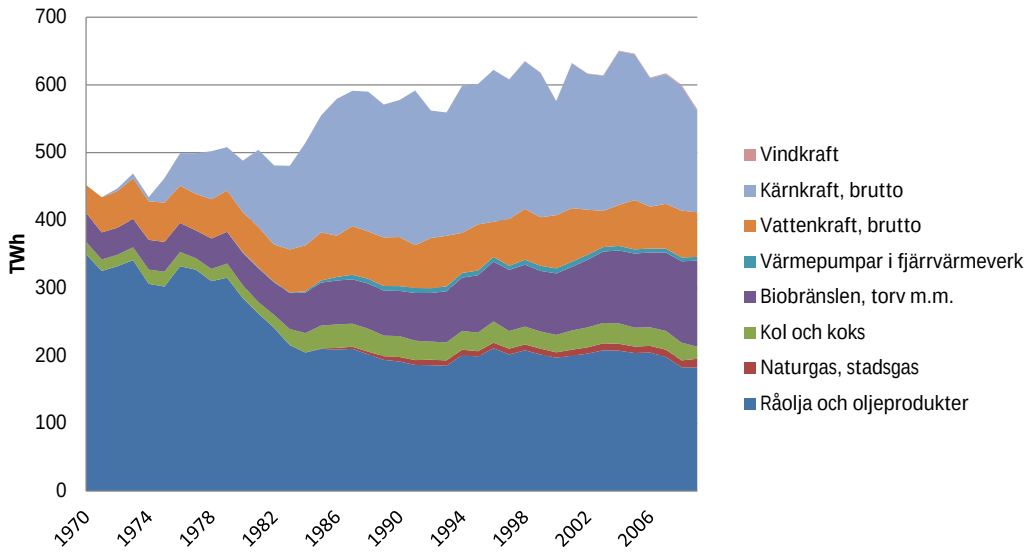
[6] Målen som ingår i EU:s så kallade klimatpaket omfattar 20% reduktion av växthusgasutsläppen, 20% förnybar energi samt 20% effektivare primärenergianvändning till år 2020 (European Commission, 2008).

4 Bakgrund

I detta avsnitt beskrivs bioenergin i Sverige ur ett energisystemperspektiv såväl bakåt- som framåtblickande. Vidare tas översiktligt samhällsmål upp som kan verka i konflikt med den utveckling som sker inom biobränsleområdet.

4.1 Bioenergins roll i Sveriges energisystem

Bioenergin intar idag en mycket viktig roll inom det svenska energisystemet och efterfrågan på biomassa för energiändamål har ökat i en stabil takt de senaste åren. Med tanke på de mål om förnybar energi som satts upp av såväl EU som den svenska regeringen, tyder allt på att efterfrågan på biomassa kommer att öka även framöver. Det gäller både för el- och värmeproduktion, för processer samt för fordonsdrift.



Figur 1: Sveriges totala energitillförsel exklusive nettoelexport 1970-2008

I Sverige används användes år 2009 139 TWh biobränslen, torv och avfall (Energimyndigheten 2010d). Det kan jämföras med den totala energitillförseln i Sverige om ca 620 TWh, eller drygt 400 TWh exklusive förluster m.m. Avlutar från massaindustrin och skogsindustrins övriga fasta biprodukter utgör mer än hälften av biobränsletillförseln. GROT (grenar och toppar) från skogsavverkning, rundved samt bränslen från jordbruket är andra biobränslen som tillförs. I energistatistiken rapporteras ofta avfallsbränslen och torv tillsammans med biobränslen trots att de egentligen inte är definierade som biobränslen. Som framgår av Figur 1 har biobränsleanvändningen ökat kraftigt de senaste 40 åren. En stor del av ökningen kan förklaras med att fjärrvärmesektorn under perioden styrt om från för-

bränning av olja och kol till biobränsle. Huvuddelen av det biobränsle för värme- och elproduktion som används i Sverige är inhemskt producerat. Importen ökar dock och år 2009 uppgick den till 5-9 TWh. Inom transportsektorn uppgick användningen av biodrivmedel (etanol, biodiesel och biogas) till 5,4 %. (Energimyndigheten, 2010f)

Stora förhoppningar sätts till att biomassa ska utgöra en betydande del av lösningen på framtida energiproblem, samtidigt som farhågor framförs exempelvis om hur mycket biomassa som kan tas ut utan att påverka ekosystemens långsiktiga produktionsförmåga negativt samt om hur konkurrensen om mark och råvaror kan utvecklas. Det är inte givet att biobränslena räcker till för att uppnå samtliga av de mål som ställts upp, och det finns en risk för målkonflikter. Det finns därför ett behov av att identifiera de bästa lösningarna med hänsyn till både klimat, miljö, ekonomi och samhällets behov av säker energiförsörjning.

Historiskt sett har biobränslemarknadens utveckling i Sverige varit driven av politiska incitament och styrning, från 70-talets oljekris och krav på ett energisystem oberoende av import till dagens överenskommelser om att minska utsläppen av växthusgaser. Flera styrmedel inom olika sektorer har bidragit till utvecklingen, bland annat skatter (särskilt energi- och koldioxidskatterna), olika former av investeringsstöd, elcertifikatsystemet och EU:s handel med utsläppsrätter. Teknikutvecklingen som följt har resulterat i effektivare hanteringssystem för uttag av biobränsle, högre verkningsgrad vid förbränning och överlag bättre kostnadseffektivitet.

Globalt sett utgörs energitillförseln till 80 % av fossila bränslen. Bioenergi utgjorde inom EU omkring 5 % av den totala energianvändningen[7]. Till skillnad från merparten av övriga länder inom EU har Sverige stora fördelar och förutsättningar för bioenergi, exempelvis stora arealer skogs-, jordbruks- och torvmark, biomassabaserad industri och logistik samt starka forskningsgrupper på området. (Energimyndigheten 2010b).

4.2 Framtida bioenergipotentialer

Kvalificerade uppskattningar om bioenergins potential har gjorts tidigare. Skogsstyrelsen uppskattar exempelvis potentialen för biobränsle från skogen mellan år 2010-2019 till 26-57 TWh GROT och 29-86 TWh från stubbar (Skogsstyrelsen, 2008). De högre siffrorna motsvarar ett scenario där *inga* avverkningsrester lämnas kvar i skogen vilket skulle innebära en stor skillnad mot dagens skogsbruk. Då framtida mängder av biobränslen diskuteras baseras dessa generellt på olika potentialer; brutto är den totala tillgången, medan olika nettopotentialer tar hänsyn till miljömässiga, tekniska och ekonomiska restriktioner.

Utöver potentialen för bioenergi från skogen så finns även en potential för biobränslen från åkermark. En statlig utredning uppskattade 2007 den ekonomiskt

[7] COM (2010)11. Report from the commission to the council and the European Parliament on sustainability requirements for the use of solid and gaseous biomass sources in electricity, heating and cooling.

realiserbara potentialen till ca 30 TWh bränslen från jordbruket (SOU, 2007). I syntesrapporten ”Konsekvenser av biobränsleuttag” (de Jong m.fl., 2010) analyseras potentialer avseende biobränslen i Sverige i ett miljöperspektiv mer fördjupat.

Oljekommissionen (2006) uppskattade att den inhemska totala tillförseln av biobränslen jämfört med år 2005 kan öka med 40-50 TWh till år 2020 och med ytterligare 70-80 TWh till år 2050. I Energimyndighetens långtidsprognos finns ett referensscenario där ökningen av tillförd bioenergi är 33 TWh mellan åren 2005 och 2020 (Energimyndigheten, 2009). I scenariot ingår inga nya utvecklingsinsatser och rådande styrmedel fortsätter som förväntat. Energimyndigheten bedömer att ökningen framförallt kommer från brännbart avfall, restprodukter från skogen samt åkerbränslen. På lång sikt kommer behovet av drivmedel att öka sett utifrån regeringens ambition att Sveriges fordonsflotta ska vara oberoende av fossila bränslen 2030. Detta ökande behov på cellulosabaserade råvaror för drivmedelsproduktion skulle i sin tur kunna innebära att pannor för kraftvärme, fjärrvärme och närvärme tvingas utnyttja andra, ur förbränningssynpunkt besvärligare bränslen.

När den realiserbara potentialen uppskattas måste hänsyn tas till flera av de områden som berörs inom ramen för Bränsleprogrammet, bland andra:

- Markanvändning. Bioenergiproduktion på jordbruksmark kan medföra markanvändningsförändringar och så kallade indirekta effekter vars konsekvenser ur växthusgassynpunkt är svåra att förutse men viktiga att beakta[8]. Risken att mark för matproduktion trängs undan.
- Hållbarhetskrav. Hur krav kopplat till hållbart nyttjande av biomassaresurser utformas får konsekvenser på hela produktionsledet, från uttag via förädling till slutanvändning.
- Konkurrens om biomassaresurser. Eftersom biomassaresurserna och därmed efterfrågan är ojämnt fördelade i EU påverkar andra EU-länders utveckling och behov i högsta grad Sveriges roll som internationell marknadsaktör.
- Effektivt nyttjande av resurser. En nyckelfråga ur energisystemsynpunkt de kommande årtiondena blir till vilka ändamål bioenergiresurserna ska användas. Detta kopplar också till vad som är ett samhällsekonomiskt rationellt nyttjande.

Samproduktion tas ofta som exempel på hur biobränslen kan användas för att nå hög effektivitet och verkningsgrad. Bioenergikombinat är ett exempel där man till exempel kan producera biobränslen, pappersmassa, el och värme i samma process. Kombinatlösningar skapar en effektiv användning av resurserna förutsatt att det finns avsättning för produkterna.

[8] Det är ofta positiva effekter ur klimatsynpunkt om perenna energigrödor ersätter ettåriga grödor. Tvärtom gäller dock om ettåriga energigrödor ersätter fleråriga (t.ex. vall). Perenna energigrödor binder mer kol och gödslas mindre än spannmål, vilket dessutom borde ge lägre lustgasemissioner.

Det är vanskligt att göra bedömningar av huruvida den tillgängliga biomassan räcker för att tillgodose de framtida behoven, och för att göra sådana bedömningar krävs att export och import med andra länder tas i beaktande. Flera studier har försökt bedöma detta, bland annat Berndes G. m.fl. (2006).

4.3 Energi- och miljöpolitik av betydelse för bioenergin

4.3.1 EU:s direktiv om förnybar energi samt dess regler om hållbarhetskriterier

Enligt EU-direktiv 2009/28/EG om främjande av användningen av energi från förnybara energikällor (RED) ska EU-länderna tillsammans öka andelen förnybar energi till att år 2020 utgöra 20% av den totala energianvändningen (EU 2009). Dessutom ska andelen förnybar energi till transportsektorn öka till 10 %. För 20%-målet har EU-länderna genom en bördefördelning fått olika krav vad gäller andelen förnybar energi. För Sverige gäller att andel förnybar energi år 2020 ska ökas till 49 %, vilket kan jämföras med ca 40 % år 2005. Sveriges riksdag har beslutat att öka ambitionen till 50% förnybar energi. Varje stat har tagit fram en nationell handlingsplan för att uppnå målen[9].

EU konstaterar i en lägesrapport[10] att medlemsländernas användning av förnybar energi kommer att växa i en snabbare takt fram till 2020. Hälften av medlemsländerna räknar med att överträffa sina mål för förnybar energi och därmed generera ett överskott för övriga Europa. Biomassa förväntas blir den dominerande teknologin med en beräknad ökning med 50 % till 2020 (hälften för värmeproduktion, en tredjedel i transportsektorn och resterande för kraftproduktion). Första generationens biodrivmedel[11] förväntas vara mest betydelsefulla för att uppnå målet om 10% förnybar energi i transportsektorn medan eldrift och andra generationens biodrivmedel fortsätter enligt prognoserna att vara av marginell betydelse fram till 2020 (baserat på medlemsländerna planer för förnybar energi). (EU 2011)

I förnybarhetsdirektivet fastställs så kallade hållbarhetskriterier för flytande biobränslen och biodrivmedel. Hållbarhetskriterierna måste uppfyllas för att ett biodrivmedel eller flytande biobränsle ska få räknas som förnybart och därmed bidra till uppfyllandet av förnybarhetsmålet. Hållbarhetskriterierna fastställer bland annat att dessa biobränslen måste minska klimatpåverkan med minst 35 % jämfört med om fossila bränslen hade använts. Hållbarhetskriterierna avseende reduktion av klimatpåverkan jämfört med ett defaultvärde gäller från år 2013 för produktionsanläggningar som varit i drift sedan 2008. Kraven ökar därefter i två

[9] Sveriges nationella handlingsplan för främjande av förnybar energi, Bilaga till regeringsbeslut 2010-06-23, I27, Dnr 2010/742/E (delvis) 2009/7789/E, utgiven 30 juni 2010. Se även Beurskens och Hekkenberg (2011) för en jämförelse av de olika nationella handlingsplanerna för förnybar energi.

[10] Rapporten Communication from the commission to the European Parliament and the council: Renewable energy – Progressing towards the 2020-target. Brussels 110131 Com(2011) 31 Final.

[11] Biodrivmedel som tillverkas av jordbruksgrödor.

steg; år 2017 är motsvarande krav 50 % och för anläggningar som tillkommit efter 2017 är kravet 60 %.

I förnybarhetsdirektivet specificeras en metod som skall användas vid beräkningar av livscykelemissioner av växthusgaser för biodrivmedel och flytande biobränslen. EU-kommissionen har tidigare annonserat att hållbarhetskriterier också kan komma att fastställas för fasta biobränslen. Det är oklart huruvida detta kommer att implementeras eller inte, rekommendationer avseende fasta biobränslen finns men inga tvingande krav (European Parliament, 2010).

Energimyndigheten har under 2009 haft ett uppdrag åt regeringen att utreda hur direktivets bestämmelser om hållbarhetskriterier och växthusgasberäkningar kan implementeras i Sverige (Energimyndigheten, 2010a). I uppdraget ingick också att utreda i vilken utsträckning bestämmelserna redan är implementerade för biomassa producerad i Sverige samt att analysera effekter av alternativ utformning av bestämmelserna för olika produktionskedjor och för produktion integrerad med processindustrier. Idag finns hållbarhetskriterierna införda i Svensk författning (STEMFS 2011).

International Organization for Standardization (ISO) har en pågående process för att ta fram standarder för hållbarhetskriterier för alla former av bioenergi. Sverige deltar i arbetet, och ansvarar tillsammans med Brasilien för ett sekretariat som arbetar med frågor om miljö, ekonomi och sociala aspekter.

4.3.2 Mål om effektivare primärenergianvändning

EU-kommissionen har även ett mål om 20 % effektivare primärenergianvändning[12]. Målet kommer att definieras i ett nytt EU-direktiv som publiceras under 2011. Det kan komma att påverka hur biobränslena används eftersom målet kan gynna effektiva bränslekedjor för bioenergi. Detta kan möjligen komma att stå i motsats till målet om 10 % förnybar energi till transportsektorn eftersom verkningsgraden för omvandling av biomassa från skog och åker till el och värme är högre än om biodrivmedel produceras. Målet för transportsektorn kan dock även tillgodoses genom andra biobränslen (t.ex. biogas) eller genom elfordon som drivs på el från förnybara energikällor.

4.3.3 Mål om minskning av växthusgasutsläpp

EU-kommissionen har satt upp mål om 20% minskning av växthusgasutsläppen . Liksom för förnybarhetsmålet så tillämpas en bördefördelning mellan EU-länderna vad gäller utsläppsreduktion av växthusgaser. Ett viktigt verktyg för att uppnå målet är utsläppshandelssystemet för koldioxid, EU ETS.

[12] Primärenergi är energi som inte genomgått någon omvandling. Vid produktion av exempelvis el eller värme sker förluster på vägen från energikälla till energibärare och i slutändan nyttighet. Ju högre förlusterna är desto högre blir primärenergianvändningen. Ofta anges en primärenergifaktor kopplat till energibäraren (el eller värme) som anger hur mycket mer energi krävdes för att producera den specificerade mängden energibärare.

4.3.4 EU:s utsläppshandelssystem, EU ETS

EU:s utsläppshandelssystem, EU ETS, är ett klimatpolitiskt instrument för att på ett kostnadseffektivt sätt uppnå EU:s åtagande enligt Kyotoprotokollet. Utsläppshandeln omfattar vissa industrisektorer samt energisektorn, motsvarande ungefär 40% av växthusgasutsläppen i EU. Principen är att ett tak sätts för hur stora utsläppen får vara totalt från den så kallade handlande sektorn. Företagen som omfattas av utsläppshandeln tilldelas sedan rätten att släppa ut en viss mängd koldioxid. Utsläppsrätterna kan handlas mellan sektorer, företag och länder och därmed skapas incitament att genomföra minskningarna där de är som billigast.

4.3.5 EU:s strategiska energiteknikplan (SET-planen)

EU-kommissionen publicerade hösten 2009 en strategisk plan (SET-planen) för att påskynda utveckling och implementering av teknik med låga koldioxidutsläpp (EU-kommissionen, 2009). Planen sträcker sig till år 2050, men fokuserar på åtgärder som behöver vidtas för att uppnå mål om 20% reduktion av växthusgasutsläppen till år 2020. Satsningar på bioenergi är givetvis en del av de åtgärder som identifierats i SET-planen. Det finns dock inte några konkreta mål för bioenergisatsningar på lång sikt (till år 2050).

4.3.6 Elcertifikatsystemet

Elcertifikatsystemet är ett effektivt styrmedel som stödjer utbyggnad av elproduktion från förnybara energikällor och torv. Regeringen fastställer en kvot för hur stor andel av elanvändningen som ska täckas av förnybar el. Kvoten förändras över tiden för att fortsatt stimulera till insatser för att nå uppsatta mål. Producenter av förnybar el får certifikat för den förnybara el de producerar. Certifikaten kan de sälja vidare till elleverantörer och kvotpliktiga elanvändare. Det finns nu en överenskommelse mellan Sveriges och Norges regeringar om ett gemensamt system från år 2012. Elcertifikaten är så kallat teknikneutrala, vilket innebär att stöd utgår baserat på producerad godkänd energienhet, snarare än kopplat till viss typ av teknik. Ett teknikspecifikt stöd är exempelvis stödet till installation av solceller.

4.3.7 Energi- och koldioxidbeskattning

Den svenska energibeskattningen syftar till att bidra till en effektivare energianvändning, att gynna biobränsleanvändningen, att stimulera företagens miljöarbete samt att skapa förutsättningar för inhemsk elproduktion. Energibeskattningen har varit en mycket viktig drivkraft för utvecklingen av bioenergi i Sverige. En del av energibeskattningen är den fiskala skatten på energi, vilken betalas för de flesta bränslen. Skatt på koldioxid och svavel är andra delar av energibeskattningen, vilka utgör miljöstyrande skatter i miljöförbättrande syfte. Koldioxidskatten betalas per utsläppt kilo koldioxid för alla bränslen utom biobränslen och torv.

4.3.8 Svenska miljökvalitetsmål

Riksdagen har antagit sexton svenska miljökvalitetsmål (15 av dem antogs 1999 och ytterligare ett antogs 2005):

1. Begränsad klimatpåverkan
2. Frisk luft
3. Bara naturlig försurning
4. Giftfri miljö
5. Skyddande ozonskikt
6. Säker strålmiljö
7. Ingen övergödning
8. Levande sjöar och vattendrag
9. Grundvatten av god kvalitet
10. Hav i balans, levande kust och skärgård
11. Myllrande våtmarker
12. Levande skogar
13. Ett rikt odlingslandskap
14. Storslagen fjällmiljö
15. God bebyggd miljö
16. Ett rikt växt- och djurliv (nytt sedan 2005)

Målen, som finns beskrivna i mer detalj på Miljömålsportalens hemsida, www.miljomal.nu, beskriver det tillstånd och den kvalitet hos miljö, natur- och kulturresurser som kan anses vara ekologiskt hållbara på lång sikt. Tanken är att de stora miljöproblemen ska vara lösta till nästa generation, detta sista brukar kallas generationsmålet. Generationsmålet innebär att år 2020 ska alla miljökvalitetsmål utom klimatmålet som avser år 2050 vara uppfyllda. Flera av miljömålen har särskilda delmål uppställda som t.ex. kan avse att utsläppen eller halten av någon förorening ska minska.

Ökad användning av bioenergi kan påverka flera av miljömålen och uppfyllandet av ett miljömål kan påverka möjligheten att uppnå andra.

4.3.9 Svensk vision om noll nettoemissioner av växthusgaser år 2050

Den svenska Regeringen har satt upp en vision om att Sverige år 2050 inte ska ha några nettoemissioner av växthusgaser (Regeringens Proposition 2008/09:162). I denna proposition anges inte hur man skall definiera nettoemissioner. Det finns dock ännu inga konkreta långsiktiga åtgärdsförslag för hur detta ska kunna uppnås, men det är troligt att bioenergi kommer att vara en mycket viktig komponent.

5 Energimyndighetens framåtblickande arbete avseende biobränsle

Energimyndighetens uppdrag från Sveriges riksdag regleras i Förordning 2007:15 (SFS 2007). I denna förordning stakas en rad ramar upp avseende myndighetens roll och funktion, samt vilka strävanden som skall gälla. Grundläggande för myndighetens roll är att den skall verka för att säkra en trygg tillgång på energi både på lång och kort sikt.

> *Myndigheten ska verka för att på kort och lång sikt trygga tillgången på el och annan energi på med omvärlden konkurrenskraftiga villkor. Myndigheten ska vidare inom sitt verksamhetsområde verka för en effektiv och hållbar energianvändning och en kostnadseffektiv energiförsörjning, båda med en låg negativ inverkan på hälsa, miljö och klimat. (1§, SFS 2007)*

Till denna tryggande av säker tillgång på energi skall lägga en rad randfaktorer som avser både kostnader, effektiv och hållbar energiförsörjning, samt aspekter kopplade till hälsa miljö och klimat. Dessa senare mål kopplade till hälsa och miljö omfattas även i uppdraget att bidra till en omställning av energisystemet enligt:

> *Myndigheten ska bidra till omställningen till ett ekologiskt uthålligt energisystem. Stränga krav ska ställas på säkerhet och omsorg om hälsa och miljö vid omvandling och utveckling av all energiteknik. (1§, SFS 2007)*

Ytterligare en precisering avseende uppdraget och kopplingen till miljöaspekter ges i fortsättningen av uppdragsbeskrivningen där Sveriges miljökvalitetsmål nämns.

> *Myndigheten ska inom sitt verksamhetsområde verka för att det generationsmål för miljöarbetet och de miljökvalitetsmål som riksdagen har fastställt nås. (1§, SFS 2007)*

Med generationsmålet avses att till nästa generation lämna över ett samhälle där de stora miljöproblemen är lösta utan att ha skapat ökade miljö- och hälsoproblem utanför Sveriges gränser (Prop. 2009). Energifrågan är från politiskt håll starkt kopplad till aspekter av miljö, energisäkerhet, teknik och hälsa och dessa aspekter har presenterats i tidigare kapitel avseende samhällsmål.

Det är inte helt enkelt att summera Energimyndighetens arbete kopplat till biobränslen då detta är heterogent område och även kopplat till en lång rad verksamheter. Dock kan man nog med visst fog hävda att arbetet på myndigheten inspireras av följande argument:

> *Mer bättre och billigare biobränslen producerade under hållbara former och med hänsyn tagen till klimateffekter.*

Arbetet skall ske med betraktande av effekter på lång och kort sikt. Orsaken till att argumentet med klimateffekter är utlyft är den stora uppmärksamhet som klimatfrågan fått under senare år. Hållbara former avser här de övriga hållbarhetsaspekterna kopplade till ett bruk av naturen. I tämligen stor utsträckning kan de kopplas till de sexton miljökvalitetsmålen, men även till socioekonomiska aspekter som arbete och landsbygdsutveckling, men även rekreation samt bevarande aspekter.

Biobränslen är ett av de områden som Energimyndigheten har arbetat med. I början på 2010 presenterade Energimyndigheten en temarapport med förslag till fokusering av forskningen inom det bränslebaserade energisystemet (Energimyndigheten, 2010b). I temarapporten har en framtidsbild tagits fram för det bränslebaserade energisystemet till år 2020 som sammanfattningsvis innebär att:

- Sverige klarar sitt EU-åtagande om 49 % förnybar energi till 2020 genom ökad användning av ca 25-30 TWh fasta biobränslen och avfall, i fjärr- och kraftvärme, i industrin och för enskild uppvärmning
- skogen bidrar mest med bioenergiresurser, men att jordbrukets bidrag ökar
- en hel del etanol importeras, men att även inhemskt producerade biodrivmedel används (varav ca 2 TWh från lignocellulosa)
- förnybar el, biobränslen samt energiteknik exporteras till andra EU-länder
- fler bränslekedjor utvecklas så att inte bara lättåtkomliga bränslen (såsom GROT och biprodukter) används

Enligt den analys som gjordes i Energimyndighetens temarapport måste Sverige öka den tillförda förnybara energin med ca 38,6 TWh (biobränslen, vindkraft m.m.) för att nå målet om 49 % förnybar energi 2020[13]. Fördelningen av ökningen bedöms vara 17,6 TWh fasta biobränslen, avlutar och biooljor, 4,3 TWh biogent[14] avfall, 6,0 TWh vindkraft, 0,5 TWh vattenkraft samt 1,5 TWh värmepumpar (upptagen värme). Användningen av förnybara drivmedel bedöms öka med 8,7 TWh vilket motsvarar ca 20 TWh bioenergiråvara. En väsentlig andel av biodrivmedel bedöms kunna tillföras genom import.

För att uppnå en fossilfri fordonsflotta på sikt kommer behovet av biobränsle för drivmedelsproduktion att öka kraftigt även om en hel del biodrivmedel kommer att importeras[15]. Ökad användning av svensk biomassa för biodrivmedelsproduktion kan påverka biobränsleanvändningen för stationära anläggningar som kan bli hänvisade till mer ”svåra” bränslen.

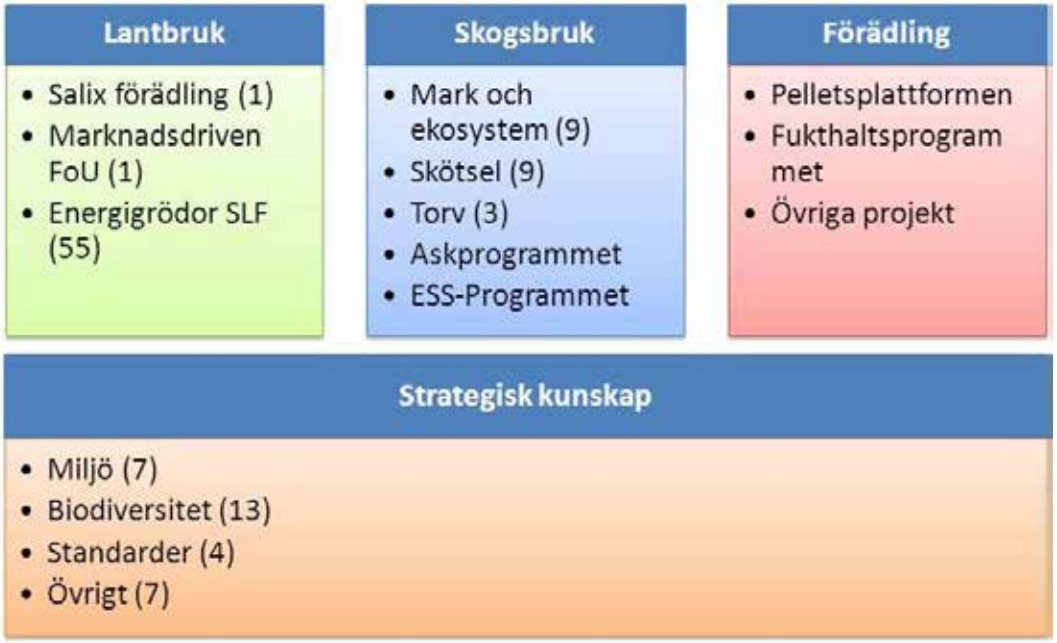
Arbetet i temarapporten fokuseras mycket kring möjligheten till vägar över från ett fossilberoende energisystem till ett där man använder förnybara resurser i en

[13] Detta är baserat på ett antal antaganden, som finns specificerade i Energimyndighetens s.k. långtidsprognos (Energimyndigheten, 2009). Antaganden innebär bland annat att energianvändningen är 412 TWh år 2010, varav 103 TWh används i transportsektorn.
[14] Med biogent avfall menas avfall som har biologiskt ursprung.
[15] Det mål som idag finns för transportsektorn är målet i förnybarhetsdirektivet om minst 10% förnybar energi till transportsektorn år 2020. I Regeringen (2008) anges målet som en fossiloberoende transportflotta, vi anger här ett mer långsiktigt mål.

större utsträckning. Produktion av bränslen från både åker- och skogsmark förväntas att öka, men samtidigt förutsätts att olika former av styrsystem och regleringar finns på plats i syfte att säkerställa en ”acceptabel miljöpåverkan”. Med ”acceptabel miljöpåverkan” menas i rapporten att man skall klara de nationella miljömålen samt leva upp till internationella hållbarhetskrav (Energimyndigheten, 2010b).

5.1 Energimyndighetens Bränsleprogram

Energimyndigheten har under ett antal omgångar drivit forskningsprogram kopplat till biobränslen, med avseende på tillförsel, förädling och omvärldsfrågor/hållbarhetsaspekter. Energimyndighetens forskningsprogram ”Uthållig tillförsel och förädling av biobränsle” pågår under perioden 2007-2010 (avslutas under 2011). Programmet kallas allmänt för ”Bränsleprogrammet” – en term som återkommer i denna rapport. Budgeten har varit på totalt på 160 miljoner kronor. Programmet indelas i tre tematiska områden (Lantbruk, Skogsbruk och Förädling) samt ett tvärgående område (Strategisk kunskap), se Figur 2.



Figur 2: Översikt över Bränsleprogrammets delområden. Inom parentes anges ungefärligt antal projekt inom respektive område.

Programmets övergripande mål är att bidra till att ”en framtida kraftigt ökande efterfrågan på biobränsle kan mötas av en ökande och kostnadseffektiv tillförsel av bränslen av rätt kvalitet och med acceptabla miljökonsekvenser. Svensk industri och kompetenscentra kan utnyttja den ökade bränsleefterfrågan för att stärka sin konkurrenskraft på områden där man redan har, eller bedöms kunna få, en internationellt ledande position”.

Förutom detta övergripande mål finns mer detaljerade mål för respektive delområden. För delområdet ”Strategisk kunskap” har följande mål formulerats:

- en miljökonsekvensbeskrivning (MKB) för skogsbränsleområdet med förslag till riktlinjer för uttag av olika biobränslesortiment och därvid erforderliga kompensationsåtgärder
- metoder för att kunna avväga mellan olika miljömål som berörs av bioenergin
- möta statliga organisationers behov av ny kunskap för myndighetsutövning inom bränslerelevanta ämnesområden

En ny period av detta bioenergiprogram kommer löpa från 2011 till 2014. För mer information om Bränsleprogrammet hänvisas till Energimyndighetens hemsida, www.energimyndigheten.se.

Inom ramen för Bränsleprogrammet har ett antal synteser tagits fram fokuserade kring ett antal utvalda områden. Synteserna är en om skog och mark, en om förädling och åkerbränslen samt en om strategisk bioenergiforskning (denna rapport). Synteserna utgör ett viktigt moment i programmets slutskede för att sätta kunskapen som framkommit inom programmet i ett sammanhang. Synteserna sammanställer också kunskap och kunskapsluckor inom bioenergiområdet och föreslår forskningsfrågor att belysa i ett kommande FoU-program.

6 Kunskapssammanställning

I detta avsnitt följer en sammanställning av de projekt och resultat som erhållits inom de projekt som ingått i denna syntes (se lista i Bilaga A). Projekten har finansierats av Energimyndigheten och merparten har varit knutna till Bränsleprogrammet 2007-2010. Presentationen är uppdelad på de fyra områdena *Miljöpåverkan, kolbalanser & klimatpåverkan*, *System, scenarier och handel*, *Biodrivmedel* samt *Standardisering och certifiering* (

Figur 3).

Figur 3: Fyra områden för kunskapssammanställning och analys

De fyra områden som är beskrivna i

Figur 3 skapar en grund för att kategorisera de olika projekt som ingår i urvalet i denna kunskapssammanställning. Det finns självklart en rad kopplingar mellan dessa, och kategoriseringen skall betraktas i grova drag.

6.1 Miljöpåverkan, kolbalanser och klimatpåverkan

6.1.1 Miljökonsekvenser av skogsbränslesystem

Skogen fungerar som en stor kolsänka och är samtidigt en källa för uttag av biobränsle. Genom att utnyttja skogsbränsle som energikälla och ersätta fossila bränslen kan klimatvinster uppnås. Men detta kan även medföra konsekvenser både på miljön och på socioekonomiska förutsättningar.

Lindholm m.fl. (2010a; 2010b) har tillämpat ett livscykelperspektiv för att analysera skogsbränslesystem för biobränsleproduktion. Livscykelanalyser (LCA) ger möjlighet att identifiera vilka delar i en produkts livscykel som har störst miljöpåverkan genom så kallad hotspotsanalys. LCA gör det även möjligt att jämföra olika produktsystem. Studien visade att effekterna av GROT och stubbskörd är fördelaktiga jämfört med fossila alternativ med avseende på insatsenergi och utsläpp av klimatgaser på lång sikt. Forskarna talar inom denna del av forskningen om ”snabba” och ”långsamma” biobränslen beroende på hur snabbt utsläppen av koldioxid kompenseras av motsvarande upptag vid tillväxt. GROT är ett biobränsle med snabbare klimatnytta än stubbar, givet olika antaganden. Eftersom studien begränsas i huvudsak till insatsenergi och växthusgaseffekter behandlas inte andra effekter av bränsleuttaget såsom effekter av skogsbränsleuttag på näringsbalanser (andra än kol), biologisk mångfald osv.

I studien ”Modellering som verktyg i MKB-arbetet om biobränslen (Belyazid m.fl. 2010) har man syntetiserat miljöeffekter av biobränsleuttag i skogssystemet med utgångspunkt från de miljömål som berörs. Syftet var att visa miljöeffekterna av olika skogsbruksmetoder i ett systemperspektiv på ett pedagogiskt sätt. Studien koncentrerades på de sex miljömål som påverkas kraftigast av biobränsleuttag, det vill säga Begränsad klimatpåverkan, Bara naturlig försurning, Ingen övergödning, Levande skogar, Levande sjöar och vattendrag samt till en del också Ett rikt växt- och djurliv[16]. För varje miljömål definierades en eller flera indikatorer som kunde modelleras med de tre modeller som användes i studien: SMB, en massbalansmodell med möjlighet till hög geografisk upplösning (Akselsson m.fl., 2008), ForSAFE-VEG (Belyazid m.fl., 2006; Wallman m.fl., 2004) och MAGIC (Cosby m.fl., 2001). I studien utvärderades tolv scenarier (sex olika skogsbruksmetoder och två klimatscenarier). Det första skogsbruksscenariet (stamvedsuttag) kan ses som ett referensscenario som man jämför de övriga scenarierna med. Studien begränsades till att endast omfatta granskog. Resultaten för de olika indikatorerna sammanvägdes, kopplades till respektive miljökvalitetsmål och illustrerades i en tabell för tre geografiska områden (södra Sverige, mellan-Sverige och norra Sverige) med olika färger för god, måttlig och otillfredsställande status, samt en kort beskrivning av hur bedömningen gjordes (se Tabell 1).

[16] Notera att för miljökvalitetsmålet ”Ett rikt växt- och djurliv” begränsades analysen till att omfatta kväve och vegetation.

Tabell 1: Syntestabell för norra Sverige som visar effekterna av de sex scenarierna på då sex miljökvalitetsmålen med avseende på de valda indikatorerna (Belyazid m.fl. 2010).

	Kol i mark Stående biomassa	Baskatjoner Aciditet	N i mark N utlakning Vegetation	Baskatjoner Fosfor Vegetation Biomassa	Aciditet N utlakning N i mark	Vegetation
1-S-- Uttag stam	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
2.1-G-- Uttag stam + GROT	🟢	🟡	🟢	🟡	🟢	🟢
2.2-G-A Uttag stam + GROT Askåterföring	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
3-SG- Uttag stam N gödsling	🟢	🟡	🟢	🟠	🟡	🟠
4.1-GG- Uttag stam + GROT N gödsling	🟢	🟡	🟡	🟠	🟡	🟠
4.2-GGA Uttag stam + GROT N gödsling Askåterföring	🟢	🟡	🟢	🟠	🟡	🟠

Resultaten visar till exempel att stamskörd tillsammans med kvävegödsling leder till en ökad positiv effekt på Begränsad klimatpåverkan (ökad kolinbindning på grund av ökad tillväxt). Däremot innebar detta scenario en negativ effekt på Levande skogar, eftersom kvävegödslingen kan leda till förändringar i markvegetationen. Tabellen ger dock ingen komplett bild för varje miljömål, eftersom enbart indikatorer som kan modelleras med de valda modellerna har tagits med, och flera viktiga indikatorer saknas därför.

Belyazid m.fl. (2010) redovisar studien som ett möjligt angreppssätt att på ett systemanalytiskt sätt belysa miljöeffekterna av olika skogsbruksåtgärder och på så sätt skapa goda förutsättningar att väga miljökvalitetsmål mot varandra, vilket inte är möjligt då man tittar på miljöeffekterna var för sig. Studien har fokuserat på metod och presentationssätt snarare än resultat. Resultaten ger inte den kompletta bilden eftersom enbart exempel på modeller och indikatorer ingår i studien. Författarna menar att man med fördel kan utvidga studiens systemanalys-plattform till att inkludera resultat från andra modeller, experiment och även inkludera socioekonomiska aspekter för att göra analysen mer komplett och för att öka robustheten i bedömningarna.

6.1.2 Växthusgasberäkningar enligt förnybarhetsdirektivet

Skogsbränslen

Berg m.fl. (2010) har gjort beräkningar i enlighet med förnybarhetsdirektivets beräkningsmetod för växthusgaser. Beräkningarna har gjorts för att se hur metodiken kan tillämpas på fasta biobränslen. De beräkningar som gjorts avser bränslena GROT, stubbar, rundved och klena träd och följande moment i produktionskedjan; odling, uttag, insamling och transport till anläggning. Rapporten diskuterar inte nämnvärt kring hur en tänkbar implementering av hållbarhetskriterier för fasta bränslen kan påverka hur GROT betraktas ur klimatsynpunkt.

Beräkningarna i Berg m.fl. (2010) visar på ett behov av hjälpenergi mellan 2-4%. Översatt till energibalans blir detta 25-50[17] (dimensionslöst tal, se vidare i avsnitt 6.3). De emissioner som hjälpenergianvändningen orsakar är enligt beräkningarna i storleksordningen 2-6 g CO_2-ekvivalenter/MJ där stubbar ligger i det övre spannet och övriga bränslen i det lägre (Berg m.fl., 2010). Transportavståndet har stor inverkan på resultaten. Värdena 2-6 g CO_2-ekvivalenter/MJ har beräknats för transportavstånd om 40-80 km. För längre transportavstånd ökar givetvis emissionerna. Mogna tekniker ger lägre värden än tekniker under utveckling. Ju högre värmevärdet är på bränslet desto lägre blir också emissionsfaktorn. Det förekommer teknik som använder el i något steg i den undersökta processen. I dessa fall påverkar val av miljövärderingsmetod för el resultaten (Berg m.fl., 2010). Slutligen påpekas att val av allokeringsmetod[18] har påverkan på resultaten, alltså hur emissioner och resurser fördelas på olika produkter/energibärare som bildas längs produktionskedjan. De resultat som presenteras i Berg m.fl. (2010) är baserade på massallokering, vilket innebär att resurser och emissioner fördelas utifrån de bildade produkternas massa.

Pellets

Hagberg m.fl. (2009) har gjort beräkningar av typiska livscykelemissioner av växthusgaser för svenska pelletsproduktionskedjor i enlighet med beräkningsreglerna i förnybarhetsdirektivet. Hagberg m.fl. har för analysen inhämtat data från ett stort antal svenska pelletsanläggningar i syfte att uppskatta standardvärden för representativa svenska pelletsproduktionskedjor. Beräkningarna har gjorts för pellets från vått råmaterial (sågspån), torrt råmaterial (kutterspån/torrt sågverksflis) samt från rundved.

De anläggningar som studerades var fristående anläggningar där endast pellets produceras, anläggningar som samtidigt också producerar fjärrvärme samt anläggningar som är integrerade med ett kraftvärmeverk eller sågverk. Hagberg m.fl. (2009) anger att förnybarhetsdirektivets beräkningsmetod är otydligt om hur

[17] Energibalans definieras som bruttoenergi dividerat med insatt hjälpenergi och är således ett dimensionslöst tal.

[18] För produktionssystem där det genereras produkter utöver huvudprodukten måste miljöbelastningen fördelas, allokeras, mellan huvudprodukt och övriga produkter. Exempel på situationer där allokering behöver tillämpas är etanolanläggningar med produktion av etanol och drank, likaså behöver allokering göras i ett kraftvärme-verk som producerar både el och värme.

beräkningar för sådana anläggningar som inte är fristående skall göras. Resultaten visar att typiska utsläpp för svensk pelletsproduktion i fristående anläggningar är ca 3-4 g $CO_{2eq}/MJ_{pellets}$ för alla tre typerna av råmaterial (sågspån, kutterspån/sågverksflis samt rundved). Om spillvärme används för torkningen eller om torkenergin återvinns för fjärrvärmeproduktion blir emissionerna något lägre. Om däremot olja används som torkenergi ökar utsläppen kraftigt, till ca 19 g $CO_{2eq}/MJ_{pellets}$ Hagberg m.fl. (2009).

Transportavståndet för pellets har viss påverkan på resultatet och transportavståndet kan variera kraftigt för olika producenter och slutkunder. Vidare påverkas resultaten kraftigt av hur använd el miljövärderas. Förnybarhetsdirektivet specificerar inte så tydligt hur el ska miljövärderas annat än att det ska baseras på emissioner från ”produktion och distribution av el i en angiven region”.

Hagberg m.fl. (2009) har identifierat ett antal oklarheter i förnybarhetsdirektivets beräkningsmetod. En sådan oklarhet är huruvida biprodukter från sågverk (exempelvis sågspån och kutterspån) ska betraktas som restprodukter och därmed inte bära några uppströms emissioner fram till insamlingen eller om de ska bära en del av emissionerna. Hur tolkningen görs har främst betydelse för pellets från torra material än från våta eftersom torra material produceras senare i sågverksprocessen. En annan oklarhet är om emissioner av metan och lustgas från förbränning av pellets ska medräknas eller inte. Strikt tolkning av direktivet pekar åt att inte inkludera dessa, trots att de i sällsynta fall (exempelvis vid dålig verkningsgrad vid förbränningen) kan påverka resultaten. Hagberg m.fl. konstaterar också att det saknas nya mätningar av särskilt lustgasemissioner.

En ytterligare faktor som kan ha avgörande betydelse för resultaten är hur pelletsproduktion i energikombinat ska betraktas. Beräkningsreglerna i förnybarhetsdirektivet förefaller missgynna pelletsproduktion i energikombinat jämfört med fristående pelletsanläggningar (Hagberg m.fl., 2009), eftersom pelletsproduktion i energikombinatfallet får dela emissionerna med el och värme. I den fristående anläggningen där inköpt ånga från ett kraftvärmeverk används för torkningen får pelletsen en lägre allokering av emissioner. Dessutom krediteras pelletsen för undvikta emissioner från den el som kan samproduceras i kraftvärmeverket till följd av att pelletsen använder ånga. Hagberg m.fl. poängterar att skillnaden främst blir stor om andra bränslen än biobränslen används i kraftvärmeverket, exempelvis torv.

Hagberg m.fl. (2009) betonar också oklarheten i huruvida fjärrvärme och spillvärme ska betraktas som en samprodukt eller inte (exempelvis vid energikombinat). Förnybarhetsdirektivet fastslår nämligen att energiallokering av emissioner mellan olika samprodukter ska göras, d.v.s. att emissioner fördelas i proportion till deras lägre värmevärde[19]. Eftersom både spillvärme och fjärrvärme saknar lägre värmevärde blir dessa regler irrelevanta för många svenska förhållanden.

[19] Värmevärde anger hur mycket värmeenergi som potentiellt finns tillgängligt i ett bränsle. Man skiljer på högre och lägre värmevärde. Skillnaden mellan dessa är att det högre värmevärdet tar hänsyn till att fukt i bränslet förångas vid förbränning och att energin i denna ånga kan tas tas tillvara genom rökgaskondensering (bildad ånga vid förbränningen kondenseras och den bildade

6.1.3 Kolbalanser

Biobränsleuttag och skogsbruk påverkar kolbalansen på flera olika sätt. Olika skogsskötselstrategier kan öka eller minska inbindningen av kol och påverkar därmed hur kraftfullt skogen fungerar som kolsänka. Ur klimatsynpunkt är det inte bara kolbalansen i skogssystemet som är viktig, utan även hur själva skogsprodukten används, eftersom produkten kan användas för att minska koldioxidutsläppet vid förbränning om det ersätter fossila bränslen. Användandet av skogsbränsle kan ses som en tidigareläggning av utsläpp, jämfört med alternativfallet, exempelvis att avverkningsrester kvarlämnas i skogen för naturlig nedbrytning. Tidsperspektivet vid bedömning av klimatnyttan är viktig, eftersom markkol och förna varierar under omloppstiden p.g.a. att vi brukar skogen (Kujanpää m.fl., 2010).

Beräkning av kolbalanser

Det finns olika sätt att beräkna kolbalanser. Kollagret i mark och vegetation kan beräknas som medelkolförrådet (över en tidsperiod, exempelvis en omloppstid), ett beräkningsperspektiv som ofta tillämpas av skogliga forskare. Numera är det vanligare att beräkna ”stock-change”, eller kollagerförändring (mellan två tidpunkter). Lindholm m.fl. (2010b) visade att valet av beräkningssätt för kolbalanser har stor betydelse för resultatet. Enligt denna studie gav metoden med medelkolförråd upp till tre gånger högre växthusgasutsläpp från skogsbränslekedjan än beräkningsmetoden med ”stock-change”. Skillnaden beror på att medelkolförrådet påverkas av skillnader i kolförråd under den tidiga fasen i skogsomloppet, medan ”stock-change” endast redovisar skillnader som finns kvar t ex efter en omloppstid, oavsett skillnader som funnits tidigare. Kollagerförändring (”stock-change”) är det beräkningsperspektiv som tillämpas i såväl förnybarhetsdirektivets hållbarhetskriterieberäkningar (2009/28/EG) samt i IPPC:s guidelines. IPCC:s riktlinjer innebär att kolförrådet delas upp på kol bundet i mark, i växande biomassa samt i dött organiskt material. I Förnybarhetsdirektivets (2009/28/EG) hållbarhetskriterier för flytande biobränslen och biodrivmedel anges vidare en formel för hur utsläpp från kollagerförändringar vid ändrad markanvändning ska beräknas. Den innebär i enkelhet att istället för att räkna ut ett absolut kolförråd, så undersöks skillnaden mellan före och efter en åtgärd, för att kunna tillskriva förändringen i kolbalansen till aktiviteten, fördelat över en 20-årsperiod.

Kolbalanser vid förändrad markanvändning (skog, åker, Salix)

Enligt Förnybarhetsdirektivet ska utsläppen från kollagerförändring till följd av förändrad markanvändning fördelas på maximalt 20 år genom att ta kollagerförändring mellan två tidpunkter (kollager för faktisk användning jämfört med referensmarkanvändning). Ågren m.fl. (2009) beräknade kolbalanser vid förändrad markanvändning föranledd av biobränsleproduktion med hjälp av modellering (Q-modellen och Coup-modellen). Studien tittade på förändring av kolbalanser vid förändrad markanvändning från åkermark till/från skog eller Salix. Resultaten

---

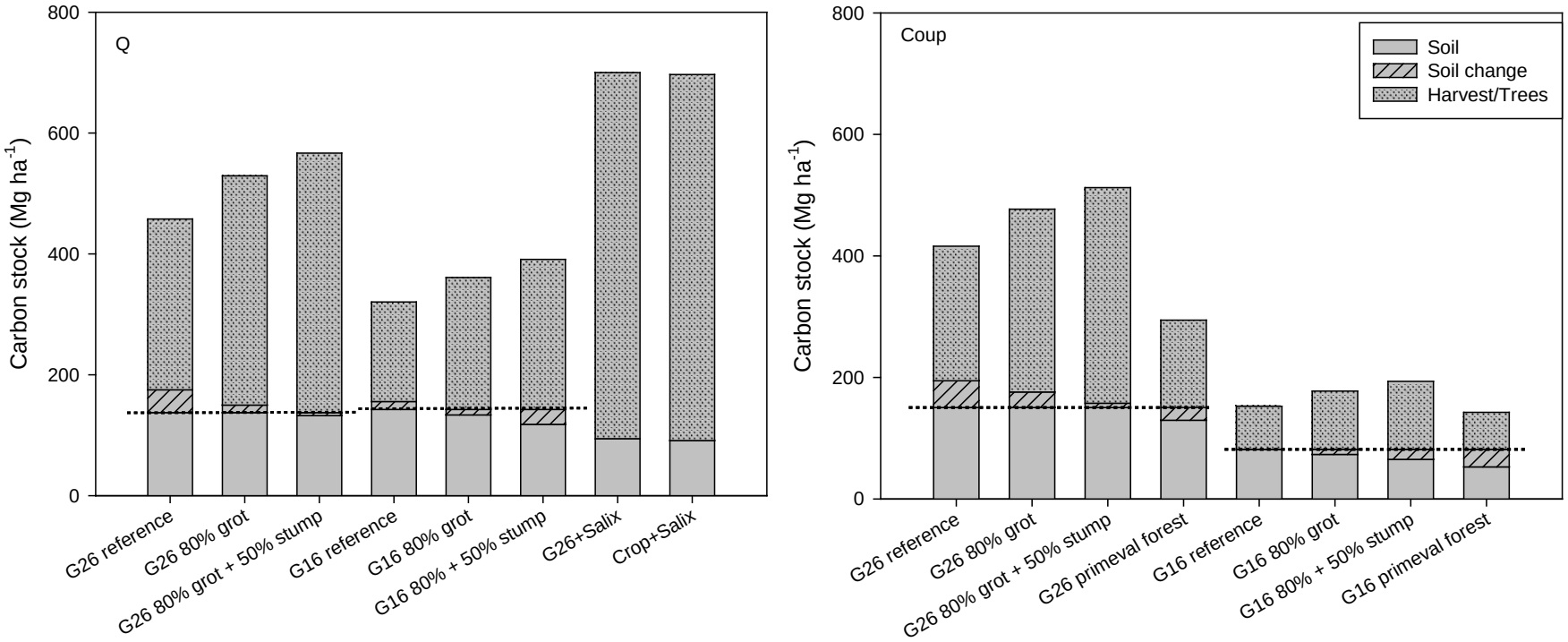
värmen tas tillvara). Fjärrvärme och spillvärme är ju inte några bränslen och därmed kan de inte bära ett värmevärde.

påvisade inte några större förändringar i markkolet vid markanvändningsförändringarna (från åkermark till skog eller Salix, eller från skog till åker eller Salix). Beräkningarna är dock behäftade med osäkerheter eftersom det saknas kunskap om produktionsnivåer och produktion av organiskt material som återgår till systemet från jordbruksmark som kan variera mycket beroende på gröda.

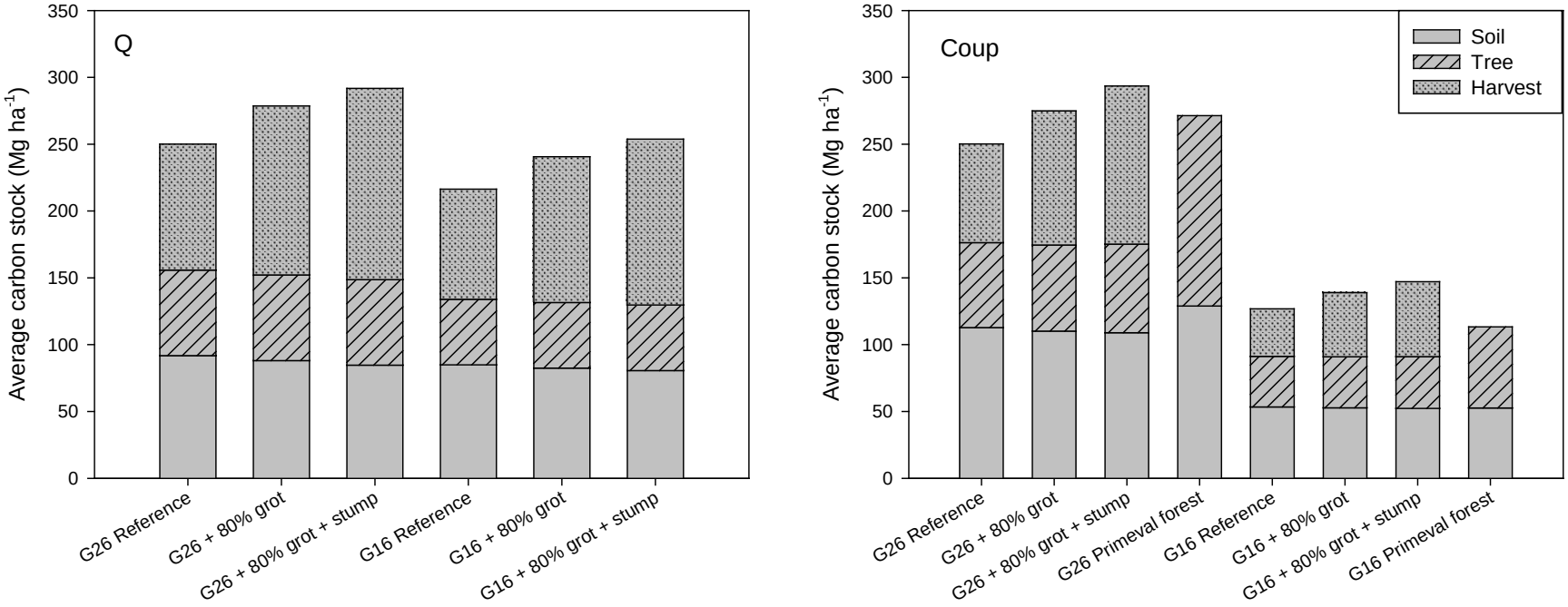
Olika skogsbruksscenarier

Ågren m.fl. (2009) beräknade också kolbalanser för olika skogsbruksscenarier för uttag av biobränsle (inget biomassauttag, stam-, GROT- och stubbuttag). Studien visade att de olika biobränslescenarierna inte påverkar markförråden av kol nämnvärt i relation till traditionellt skogsbruk utan bränsleuttag, särskilt om man sätter det i relation till den skördade mängden biomassa och substitutionseffekten av fossila bränslen (Figur 4).

Modelleringsresultaten av kolbalanser vid olika biomassauttag från skogen visade att referensfallet med enbart stamskörd leder till en liten ökning av kolförrådet, medan ett ökat biomassauttag (GROT & stubbar) minskar markkolet något i förhållande till utgångsläget (Figur 4 och Figur 5). Scenariot där inget skogsbruk förekom (obrukad skog, alltså så kallad naturskog) visade att markkolet minskade, vilket beror på att produktiviteten är högre i en brukad skog, och avverkningen bidrar även till att tillföra avverkningsrester som bidrar till kolupplagring i skogssystemet. Dessa resultat indikerar således att den totala upplagrade kolmängden ökar i brukad skog jämfört med obrukad skog, när skörden också inkluderas. Däremot ökar kolförråden i obrukad skog sett ur ett landskapsperspektiv, eftersom det inte förekommer en tidsperiod med låg trädbiomassa efter avverkning. Å andra sidan kommer skogen inte att bidra med biomassa som kan reducera användandet av fossila bränslen. I det långa loppet kompenseras minskningen i förrådet vid brukad skog av ackumuleringen i den skördade biomassan, se Figur 5. (Ågren m.fl., 2009)



Figur 4. Förändringar av kolförrådet under en trehundraårsperiod som ett resultat av olika skogsbruksscenarier och markanvändningar beräknat med Q-modellen (vänster) och Coup-modellen (höger). Den nedre delen av stapeln representerar markförrådet av kol. Den streckade linjen representerar nivån på det ursprungliga förrådet i referensscenariet (stamvedsuttag, ej relevant för Salix). Den mellersta delen av stapeln representerar förändringen i markkol jämfört med referensscenariet. Den övre delen av stapeln representerar mängden kol som förs bort vid skörd (med undantag av ”primeval forest” där stapeln representerar kolförrådet i träden). G16 innebär en skog med låg produktivitet och G26 en skog med hög produktivitet. Källa: Ågren m.fl. (2009)



Figur 5. Genomsnittligt kolförråd under en omloppstid modellerat med Q-modellen (vänster) och Coup-modellen (höger) fördelat på mark, trädbiomassa och skördad biomassa i två skogsbestånd med ståndortsindex G26 (omloppstid: 100 år) och G16 (omloppstid: 150 år). Källa: Ågren m.fl. (manuskript)

Även resultaten i Börjesson (2008c) indikerar att kolbalansen påverkas negativt när avverkningsrester som tidigare lämnades kvar används för energiändamål, speciellt då grön GROT plockas bort från kvävebelastade områden. Det beror direkt på att kol följer med GROT:en bort från skogen vid uttaget, men också på att kväve som följer med GROT:en vid uttaget innebär långsammare tillväxt i nästa generation. Sådana direkta effekter på marken bör beaktas i en LCA men det är viktigt är att de inte blir generella. Specifika uppgifter såsom produktionsvolymen och det geografiska området bör beaktas då kolbalansen för den direkta markförändringen ska beräknas.

Lindholm m.fl. (2010b) modellerade den minskade inlagringen av markkol p.g.a. skörd av skogsbränsle GROT och stubbar) med hjälp av två modeller: ProdMod och Q-modellen. Även Lindholm m.fl. (2010b) visade på en minskad inlagring i markkol vid skogsbränsleskörd, och skillnaden i markkol varierade över omloppstiden. Direkt efter avverkningen var skillnaden i markkol större jämfört med referensen. Skillnaden minskade mot slutet av omloppstiden eftersom en stor del av groten och stubbarna har hunnit brytas ned. Stubbarna bryts ner långsammare än grotet och resulterade i större minskning i markkol än GROT i ett kort tidsperspektiv. I ett längre tidsperspektiv går dock nedbrytningen av stubbar lika långt som GROT. Lindholm m.fl. (2010b) drog slutsatsen att viktiga faktorer vid beräkningen av kolbalanser i marken var beräkningsmetodik, tidsperspektiv, områdets produktivitet, skördeintensitet och typ av skogsbränsle.

Det är idag osäkert hur nedbrytningen av markkol påverkas vid stubbskörd på grund av omrörningseffekter. Lindholm m.fl. (2010b) bedömer att stubbskörd skulle kunna ge liknande effekt som markberedning. För närvarande utreds omrörningseffekterna vid stubbskörd i SLU:s TEMA-forskningsprogram ”Stubbskörd och miljöeffekter”.

Andra markanvändningsförändringar & skogsbruksmetoder

Ågren m.fl. (2009) tittade även på hur andra markanvändningsförändringar och skogsbruksmetoder kan komma att påverka kolbalanserna. För många av de markanvändningsförändringar och skogsbruksåtgärder som omnämns här är det svårt att ge ett generellt svar på hur kolbalansen påverkas, eftersom effekterna i vissa fall kan gå på båda håll beroende på de förutsättningar som råder.

Dikesrensning i skogsmark gör att upptag av kol i skogen kan öka, samtidigt som utsläpp av klimatgaser påverkas då tidigare vattendränkta marker torrläggs. Ågren m.fl. (2009) undersökte effekten av dikesrensning, baserat på studier om CO_2- och N_2O-emissioner (von Arnold, 2004; Klemedtsson, 2005; Ernfors m.fl. 2007), och) drog slutsatsen att dikesrensning resulterar i ett större upptag av kol i skogsbiomassa, men att skog på torvmark ändå är en nettokälla för klimatgaser. Om dessa skogar däremot får återgå till sin ursprungliga status, skulle detta resultera i betydande utsläpp av metan, vilket i vissa fall skulle innebära att marken var en ännu starkare källa av klimatgaser.

Gödsling kan öka kolförrådet i skogen i och med en ökad skogsproduktion samtidigt som nedbrytningshastigheten i skogen minskar (Ågren m.fl. 2001; Franklin m.fl., 2003). Det är dock viktigt att gödsling utförs enligt rådande rekommendat-

ioner för att undvika negativa miljökonsekvenser såsom kväveutlakningen till ytvatten.

Markberedning har också visat sig kunna höja skogsproduktionen och kan således hjälpa till att binda kol i skogsekosystemet. Markberedning kan dock samtidigt öka nedbrytningshastigheten av organiskt material (Johansson, 1994), vilket ger motsatt effekt. Idag är föryngring utan markberedning inte så vanligt.

Avskogning orsakad av urbanisering eller vägbyggen är inte bra, sett ur ett kolbalansperspektiv. Ågren m.fl. (2009) uppskattade att avskogning på grund av urbanisering och vägbyggen kan bidra till en årlig förlust av markkol motsvarande ungefär 0.01 Mton för de 10 000 ha skogsmark som årligen avskogas till följd av urbanisering.

6.1.4 Bioenergi och markanvändningsförändringar

När markarealer tas i anspråk vid bioenergiproduktion kan direkta och indirekta effekter uppstå. Direkta effekter uppstår på platsen för odlingen, t.ex. i form av förändrade markkolslager, och indirekta effekter uppstår på någon annan plats än själva odlingen till exempel genom undanträngningseffekter.

Berndes m.fl. (2010b) har undersökt både direkta och indirekta effekter på växthusgasutsläpp vid markanvändningsförändringar vid internationella bioenergietableringar, vilket kan påverka klimatfördelarna av bioenergiproduktionen. Markanvändningsförändringar kan leda till både positiva och negativa klimateffekter (Berndes, 2010a). Bioenergiprojekt vars markanvändningsfärändring orsakar väldigt stora klimatgasutsläpp, exempelvis vid etableringen av palmoljeplanteringar genom att avverka och dränera skog etablerad på våtmark, kan leda till förluster som inte kompenseras av den producerade bioenergin. Samtidigt är det viktigt att inte bara titta på klimateffekter, utan även andra aspekter som t.ex. arbetstillfällen, effekter på biodiversitet, mark, vatten osv. Den beräknade klimateffekten av markanvändningsförändringar till följd av bioenergietableringar påverkas i hög grad av val av metoder för att bokföra kolkällor och sänkor i olika system (Berndes, intervju).

Markanvändningsförändringar i ett policyperspektiv

Styrdokument som kopplar till markanvändningsförändringar vid bioenergietableringar är EU:s förnybarhetsdirektiv, som omfattar följande:

- Växthusgasbesparingar (jämfört med fossila bränslen) måste göras på minst 35 % (50 % år 2017 och 60 % för nyinstallationer).
- Områden med stora kolförråd bör ej omvandlas till biobränsleproduktion för att undvika utsläpp av växthusgaser som är lagrad i mark och vegetation.
- Områden med hög biodiversitet bör ej omvandlas till bioenergiproduktion.

För närvarande pågår arbete inom EU-kommissionen för att ta fram riktlinjer för hur växthusgasutsläpp på grund av indirekta markanvändningsförändringar ska beaktas i förnybarhetsdirektivet (2009/28/EC). Direktivet säger att förändringar i

markkol, som ett resultat av markanvändningsförändringar, måste beaktas. Emellertid behöver inte förändringar i markens kollager inkluderas i växthusgasberäkningar för råvaror från mark som har samma status som i januari 2008. Således är det troligt att kontinuerligt skogsbruk, det vill säga skogsbränsleskörd/föryngringsavverkning, inte räknas som ändrad markanvändning. Förnybarhetsdirektivets hållbarhetskriterier gäller enbart biodrivmedel, men kommissionen rekommenderar att kriterierna även tillämpas för fasta biobränslen. En minskning i markkolet till följd av förändrad markanvändning (till exempel från skog till grödor) ska enligt direktivet debiteras biobränslet, fördelat över en 20-års period. Ågren m.fl. (2009) förmedlade en klarare bild av längden på omställningsförloppen under svenska förhållanden. Studien visade att de skandinaviska systemen är så tröga att en avräkningstid på 20 år inte är realistiskt i ett skandinaviskt perspektiv.

Det är inte självklart om de indirekta effekterna av markanvändningsförändringar bör belasta bioenergisystemet (Berndes m.fl. 2010a). En stark invändning mot att beakta de indirekta effekterna är att det inte nödvändigtvis ger den förväntade effekten (Berndes, intervju). Som exempel kan nämnas att etableringen av sockerrör på betesmark kan påverka betesdriften, vilket i sin tur kan leda till avskogning för att få betesmark någon annanstans. Genom att beakta dessa indirekta effekter i bioenergisystemet får man inte nödvändigtvis en förbättring när det gäller avskogningen, utan det kan vara mer effektfullt att jobba med avskogningsproblematiken i sig.

6.1.5 Kväveläckage och direkta utsläpp av växthusgaser vid odling av biodrivmedelsgrödor

Insatsen av kväve i form av handelsgödsel vid odling av jordbruksgrödor för biodrivmedelsproduktion har betydelse för produktionskedjans klimatpåverkan. Det beror på att kvävegödsling genererar lustgasutsläpp, bland annat vid tillverkning av handelsgödslet. Det finns stora variationer i hur mycket handelsgödsel som används och hur stora utsläppen blir vid tillverkning av handelsgödsel. Fleråriga grödor ger generellt högre avkastning per insatt kväveenhet. Kvävegödslingen kan också anpassas vilket gör att en mindre kvävegiva behöver tillsättas. Vid tillverkning av handelsgödsel kan utsläppen av klimatgaser reduceras med 70-90 % om katalytisk lustgasrening används. Det är alltså viktigt att ange teknikstatus för den anläggning som tillverkar handelsgödsel (Börjesson & Tuvfesson, 2008d). Fleråriga grödor ger också generellt sett lägre kväveläckage än ettåriga. Det bör dock beaktas att jordmånens art såväl som jordbearbetning och det geografiska läget hos odlingen ger stora skillnader i kväveläckage.

6.1.6 Bioenergi och lustgasemissioner

Forskningen på lustgasområdet har under de senaste decennierna gått från mätningar på små ytor (0.25 m^2) med kammare/kyvetter, till mätningar med laser och mikrometeorologi över större områden (hektar) (Klemedtsson, intervju). Metoderna är väl etablerade och med de senare metoderna kan man få en bild av lust-

gasavgången från större områden, heterogeniteten i markytan integreras och ett medelvärde på lustgasavgången erhålls.

Att lustgasavgången från mark kan variera beror framförallt på variationer i markens sammansättning, tillgången till syrgas, organiskt material och mängden kväve, såväl lagrad som nyligen tillsatt i form av gödsel (Kasimir Klemedtsson, intervju). I en studie av lustgasavgång från jordbruksmark visar Kasimir Klemedtsson (2009a) att det inte finns något direkt samband mellan den tillsatta mängden kväve i form av gödsel ett år och lustgasavgången och skördens biomassa samma år. Detta beror troligtvis på att mycket kväve lagrats i marken och senare, under våta perioder, avgår som lustgas.

Lustgasavgång vid produktion av energigrödor

Det pågår idag försök med olika grödor (spannmål, raps) som odlas som biobränsle (Klemedtsson, 2010). Det är viktigt både var man odlar (klimat, jordmån) och vad man odlar (Kasimir Klemedtsson, 2009a, b). Biobränsleproduktion kan resultera i lustgasutsläpp. Hur mycket beror på vad som används som råvara. Eftersom variationen mellan olika platser är stor, p.g.a. olika hög tidigare kvävegödsling, är det viktigt att ta fram emissionsfaktorer som beror på svenska förhållanden (Kasimir Klemedtsson, intervju, Klemedtsson, intervju). I exempelvis studier i Tyskland är lustgasavgången högre p.g.a. historiskt sett högre kvävebelastning. Den emissionsfaktor för lustgasavgång som idag används av IPCC är enbart beroende av mängden nyligen tillförd kväve och tar inte hänsyn till lokala förutsättningar. Man antar att 1 % av tillsatt kväve kommer att avgå som lustgas. Denna siffra har i det underliggande materialet ett intervall mellan 0.1 och 3 % (Kasimir Klemedtsson, intervju). Sett ur ett längre och globalt perspektiv motsvaras ökningen av lustgaskoncentrationen i atmosfären av att 3-5 % av det kväve som fixeras avgår som lustgas (Crutzen m.fl. 2008). Svensk forskning visar på lustgasavgång på i storleksordningen 1% av tillsatt mängd kväve i spannmålsodlingar, även om lustgasavgången inte behöver vara direkt orsakad av kvävegödslingen (Klemedtsson, intervju).

Sedan ungefär hundra år tillbaka är det möjligt att fixera kväve industriellt (tillverka handelsgödsel) genom Haber-Bosch-metoden. Detta innebär att marken de senaste hundra åren har kunnat gödslas mer och produktionen av exempelvis spannmål har ökat betydligt.

Lustgasavgång vid produktion av skogsbränslen

Lustgasavgången från skogsmark är lägre än för jordbruksmark. Orsaken till den högre avgången från jordbruksmark är att marken i större utsträckning utsätts för mänsklig påverkan genom markbearbetning, gödsling och kvarlämnande av skörderester. De data som kommit fram i svensk forskning visar på en lustgasavgång mellan 0 och 0,1 % av tillsatt mängd kväve i skog som gödslats (jämför ovan för spannmål, ca 1 %). Att skog som gödslats under 20 år (Klemedtsson, intervju) inte ger upphov till mer lustgasavgång än de ogödslade kontrollytorna tyder på att kväve är så begränsande för skogsproduktionen att ett extra tillskott omedelbart tas om hand av den växande skogen. Resultaten har erhållits i försök med BAG

(behovsanpassad gödsling) i norra Sverige (Klemedtsson, intervju). Vid gödsling av skog kan mer koldioxid bindas i biomassa och koldioxidupptaget därmed öka. Den extra inbindningen av koldioxid är mycket högre än den mängd lustgas omräknad till koldioxidekvivalenter som avgår från den gödslade skogen (Klemedtsson, intervju).

Svenska emissionsfaktorer för lustgas

För att kunna extrapolera resultat från intensivmätningar på några få platser är utvecklingen av modeller, som exempelvis Coup-modellen, viktiga. Norman m.fl. (2008) har infogat en lustgasmodul i denna modell och genom detta hoppas man kunna beräkna lustgasavgången från större områden än vad som är möjligt idag. I Coup-modellen kan lustgasavgången uppskattas med konfidensintervall för olika scenarier (Klemedtsson, intervju).

Den lustgasforskning som omfattas av den här syntesen syftar främst till att undersöka svenska förhållanden för att ge underlag till inhemska emissionsfaktorer för framtida modeller och livscykelanalyser. Enligt IPCC:s (2006) metod för uppskattning av direkta lustgasemissioner och som används i den svenska nationella klimatrapporteringen antas att 1 % av det tillförda kvävet avgår som lustgas (Ahlgren, m.fl., 2009). Skogsmark är ofta kvävebegränsad och lustgasavgången är därför troligtvis betydligt lägre från sådan mark. Vad som händer vid avverkning av marker som gödslats under lång tid är dock inte så väl känt (Kasimir Klemedtsson, intervju.)

6.1.7 Tidsaspektens betydelse för biobränslens klimatprestanda

Tidsaspekter påverkar bränslens klimatprestanda. Ett exempel på tidsaspekt är att olika växthusgaser har olika livslängd i atmosfären. En annan tidsaspekt är klimatsystemet tröghet som gör att det tar lång tid (flera decennier) innan emissioner av växthusgaser leder till klimatförändringar. För biobränslen finns en tidsaspekt kopplad till hur lång tid det tar från upptag till utsläpp av koldioxid vid förbränning av biomassa (eller tvärtom från utsläpp till upptag i ny biomassa). Olika biobränslen skiljer sig dock från varandra i detta hänseende. För halm rör det sig om månader, medan det för hela träd kan ta 20-100 år. Avverkningsrester (GROT) och energiskog ligger mellan dessa extremer. Eftersom vissa biobränslen behöver lång tid för att koldioxiden ska återupptas inställer sig frågan om vissa biobränslen är bättre än andra ur klimatsynpunkt samt vilken metod som ska användas för att bedöma detta. Ur ett klimatperspektiv är dessa frågor viktiga då de i förlängningen bestämmer vilken klimatpåverkan storskaligt utnyttjande av avverkningsrester kan få på kort respektive lång sikt och vilka skogsbruksstrategier som är lämpliga. Exempel på mått som beskriver bränslens klimatpåverkan som på olika sätt tar hänsyn till tidsaspekten, framgår av Tabell 2.

I ett projekt studeras tidsaspektens betydelse för valet av olika biobränslen ur klimatsynpunkt (Zetterberg, 2011). Projektet analyserar klimatpåverkan för olika biobränslen beroende på hur snabbt de förbränningsrelaterade utsläppen kompenseras av upptag av koldioxid från atmosfären. Utöver detta testar projektet även olika metoder för att prioritera mellan olika biobränslen om man vill bedöma tids-

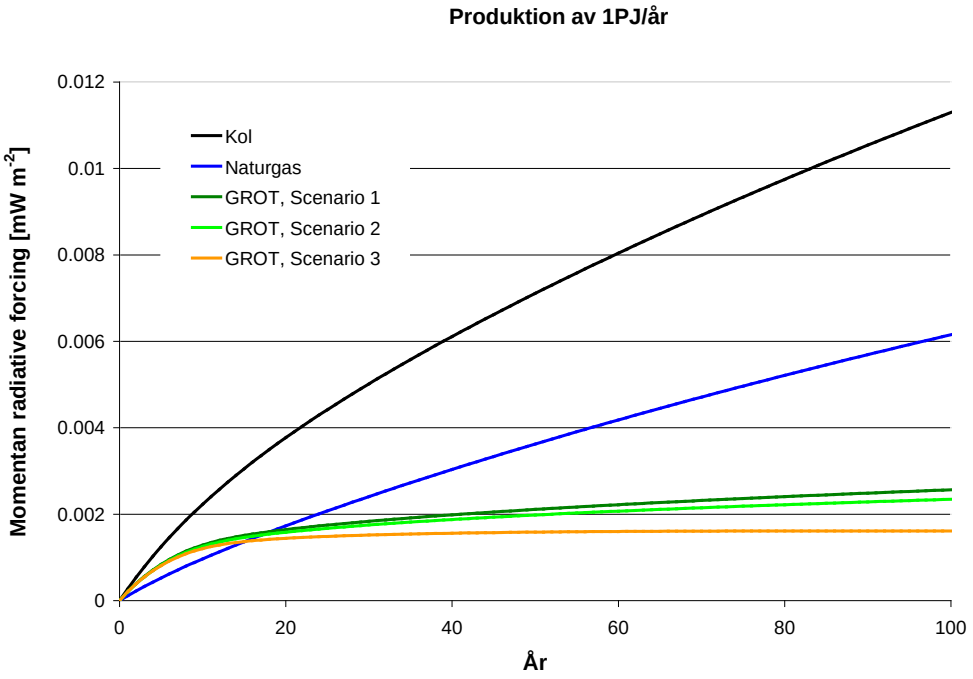
aspektens betydelse ur klimatsynpunkt. Det inkluderar att sammanställa tidsupplösta emissionsprofiler för de utvalda bränslesortimenten, att diskutera kring referensscenariots betydelse samt att diskutera kring olika mått som kan användas för att prioritera mellan olika biobränslen (Zetterberg, intervju, 2010). Resultat från projektet visar det finns en klimatpåverkan från användning av bioenergi kopplad till hur snabbt de förbränningsrelaterade utsläppen kompenseras av upptag (eller undvikta emissioner) av atmosfärens koldioxid (Zetterberg, 2011).

När det gäller påverkan på skogens kolförråd visar Zetterberg (2011) att användning av GROT är bättre för att minska de globala koldioxidemissionerna än stubbar, som i sin tur är bättre än kol. Tidsperspektivet har stor betydelse för resultaten – över 20 år är skillnaderna mellan dessa bränslen mindre än över 100 år. Vidare visar resultaten att Salix som odlas på mark som tidigare använts för odling av grödor kan bidra till ett nettoupptag av atmosfärisk koldioxid och alltså ha en kylande verkan (Zetterberg, 2011). Projektet har inte analyserat effekter av att de ersatta grödorna, om så behövs, istället produceras någon annanstans.

Tabell 2: Exempel på mått som beskriver klimatpåverkan från olika bränslen (Källa: Zetterberg, intervju, 2010)

Tidsupplösta	**Tidsintegrerade**
Emissioner (t)	Ackumulerade emissioner (t1-t2)
Koncentrationer (t)	Medelkoncentrationer (t1-t2)
Radiative forcing (påverkan på strålningsbalansen)	Ackumulerad radiative forcing (t1-t2), GWP
Temperatur (t)	Medeltemperatur (t1-t2)

Klimatprestanda för olika biobränslen och hur olika aspekter påverkar klimatprestanda har studerats av Holmgren m.fl. (2007). Projektet inriktades på nettoemissioner av växthusgaser vid produktion, distribution och slutanvändning i olika biobränslekedjor. Resultaten visar att alla studerade bränslekedjor medför nettoemissioner av växthusgaser, men att utsläppen är betydligt mindre än motsvarande för fossila bränslen. I rapporten diskuteras också tidsaspektens betydelse. Ur ett kort perspektiv på 20 år är klimatpåverkan av skogsbränslesystemen jämförbara med naturgas, men på längre sikt än 20 år har skogsbränslen däremot betydligt bättre klimatprestanda än de fossila bränslena (se Figur 4). När i tiden emissionerna sker är också av central betydelse. Studien förespråkar ett längre tidsperspektiv på 100 år eftersom detta tidsspann även inkluderar trögheten i systemet med oceanerna och deras inverkan på medeltemperaturen (Holmgren m.fl., 2007).



Figur 6 Momentan påverkan på strålningsbalansen (radiative forcing) över tid. Figuren visar bränslekedjor från GROT, kol och naturgas där 1 PJ bränsle produceras och används varje år. I Scenario 1 är alla emissioner inkluderade, i Scenario 2 exkluderas emissioner från transport och arbetsmaskiner och i Scenario 3 är påverkan på markkolet exkluderat. Källa: Holmgren m.fl. (2007).

I en studie av Repo m.fl. (2010) studeras CO_2-emissionerna som uppstår när GROT och stubbar förbränns och emissionerna sker momentant jämfört med ett referensscenario där bränslet lämnas i skogen för att förmultna. En stor del av emissionerna från uttag av biobränslet sker i form av indirekta emissioner på grund av minskat kolförråd när bränslet tas ut. De indirekta emissionerna ökar med minskad nedbrytningshastighet. Då stubbar har lägre nedbrytningshastighet än GROT orsakar de alltså högre indirekta emissioner.

6.2 System, scenarier och handel

6.2.1 Bioenergisystem – skog

Lindholm m.fl. (2010a & 2010b) har jämfört energieffektiviteten av olika system för uttag av GROT (grenar och toppar) med olika system för uttag av stubbar. Studien har omfattat den tekniska sidans energieffektivitet, det vill säga förhållandet mellan energiutvinning i relation till mängden insatt energi i form av fossila bränslen. En viktig slutsats från studien är att skogsbränsle kräver låg insatsenergi i förhållande till fossila bränslen, men även i förhållande till bioenergi från åkergrödor. Resultaten visade att insatsenergin beror av skördeteknik, geografiskt läge, typ av skogsresurs och transportparametrar som till exempel transportsträcka, laststorlek och fukthalt.

Energibalansen för olika skogsbränslesystem har undersökts av såväl Lindholm m.fl. (2010a & 2010b) som av Berg m.fl. (2010). Energibalanser visar hur mycket mer energi systemet ger jämfört med insatt energi. Energibalansen definieras av Berg m.fl. som bruttoenergi i biobränslet vid grind till anläggningen dividerat med insatt hjälpenergi för odling, transporter och flisning och är alltså ett dimensionslöst tal (se vidare i avsnitt 6.3[20]). Lindholm visar på energibalanser mellan 21 och 48 för olika analyserade GROT-system, medan Bergs m.fl. (2010) resultat gav en energibalans på ungefär 47. Sammantaget visar alltså dessa båda studier på ett behov av hjälpenergi om ca 2-5 % (där den högre siffran avser mer ineffektiva system). För stubbuttag redovisar Lindholm m.fl. (2010a & 2010b) resultatet 23-27, vilket ligger helt i linje med Bergs m.fl. (2010) resultat om 25. Hjälpenergibehovet för stubbar ligger således på ca 4 %. Berg m.fl. (2010) har dessutom räknat på energibalans för gallringsvirke från ungskog och konstaterat att energibalansen är mycket gynnsamma 51 (motsvarar knappt 2 % hjälpenergibehov). Det bör noteras att Bergs m.fl. (2010) resultat till stora delar baseras på Lindholm m.fl. (2008).

En viktig slutsats från Lindholms m.fl. (2010a & 2010b) studie är att det finns potential för ytterligare effektivisering av skogsbränslesystemen. Exempelvis så visade energibalansberäkningen att ett skogsbränslesystem som tillämpar buntning kräver mer energi än flisning vid skogsväg. Flisning är idag det dominerande skogsbränslesystemet i södra Sverige och detta är ett trimmat system som ger potential att förbättra de andra systemen. Lindholm m.fl. (2010a & 2010b) visade även att dagens system för insamling av biomassa från skogen inte är så flexibla med avseende på transporter, eftersom olika transportsteg är beroende av varandra (till exempel krävs flisning innan transport för att sänka transportkostnaderna). En förbättring av skogsbränslesystemen skulle därför kunna innebära att man anlägger terminaler för mellanlagring för att öka flexibiliteten.

Berg m.fl. (2010) anger följande punkter som avgörande för energieffektivitet i studerade skogsbränslesystem:

- Råmaterialets densitet har betydelse för den energi som åtgår till skörd, transport och flisning. För de trädslag och träddelar (stam, grenar) som är representativa för svenska förhållanden kan densiteten variera mellan 300 och 600 kg/m^3. Kvistar, grenar och stubbar kan dessutom ligga utanför detta intervall.
- Beprövad och mogen teknik är energieffektivare än ny teknik. Vad gäller de relativt obeprövade metoderna som används vid stubbrytning kommer energiinsatsen troligen att minska om stubbrytning fortsätter och tekniken utvecklas enligt Berg (2010).
- Transportsträckans längd avgörs av lokaliseringen av terminaler, anläggningar och hamnar men också av hur järnvägsnätet och vägnätet ser ut. Vägens standard är i den här studien av särskilt stor betydelse för transportsträckan för de studerade skogsbränslet.

[20] Observera att den definition som förekommer i avsnitt 6.3 (Berndes m.fl., 2008) ej omfattar hjälpenergin för transporter, flisning m.m. fram till grind utan endast fram till skörd. Siffrorna är därför inte helt jämförbara även om skillnaden troligen är liten.

- Val av allokeringsmetod påverkar resultaten. Allokeringar ska enligt de riktlinjer som finns i ISO 14044 undvikas så mycket som möjligt. Måste allokeringar ändå göras är transparens viktig. Berg m.fl. (2010) har använt massallokering mellan olika slutprodukter. Om liknande undersökningar ska jämföras bör de baseras på samma systemgränser och allokeringsmetoder.

6.2.2 Bioenergisystem – åkermark

Bioenergigrödors möjliga utbredning och expansionstakt

I studien ”Bioenergi från jordbruket – en växande resurs” (SOU 2007:36) kartlades åkermarkens potentiella avkastning av bioenergi (Börjesson, 2007). Ett antal olika möjliga utfall ställdes upp. I ett scenario där växtförädlingsteknik och förbättrad odlingsteknik används kan sammanlagt 29 % av befintlig åkerareal (780 000 hektar) avsättas för energigrödor. Detta skulle innebära att 30 TWh biomassa är möjligt att utvinna från åkermark. Några antaganden för att uppnå denna potential är bland annat att obligatorisk och frivillig träda undviks och att åkermark som används för export av spannmål tas i anspråk för energigrödor. Detta visar på att det finns potential för bioenergiproduktion på dessa marker utan att konkurrera med livsmedelsproduktionen.

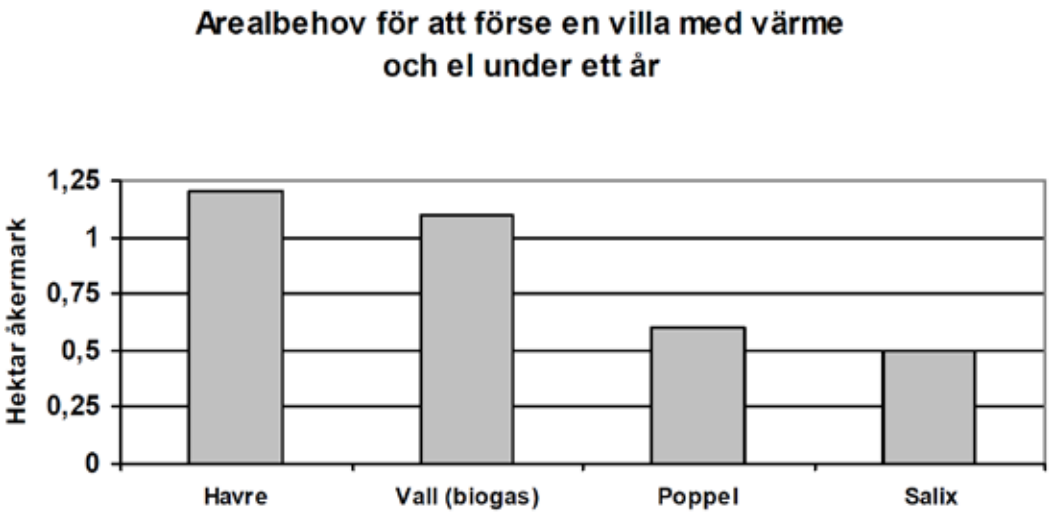
Idag har vissa energigrödor som oljeväxter och sockerbetor relativt litet utbredningsområde i Sverige. Raps har en maximal utbredningspotential på omkring 6-7 % av Sveriges totala åkermark (Berndes m.fl., 2008). Detta motsvarar ca 155 000 – 180 000 hektar (då Sveriges totala åkermark är ungefär 2,6 miljoner hektar)

Salix odlas idag på omkring 12 000 hektar. Den lämpar sig idag bättre i områden med tillräckligt hög nederbörd och lite bättre åkermark vilket gör att östra Götalands skogsområden är mindre lämpligt. Med nya kloner skulle dock utbredningsområdet kunna förändras. (Berndes m.fl., 2008)

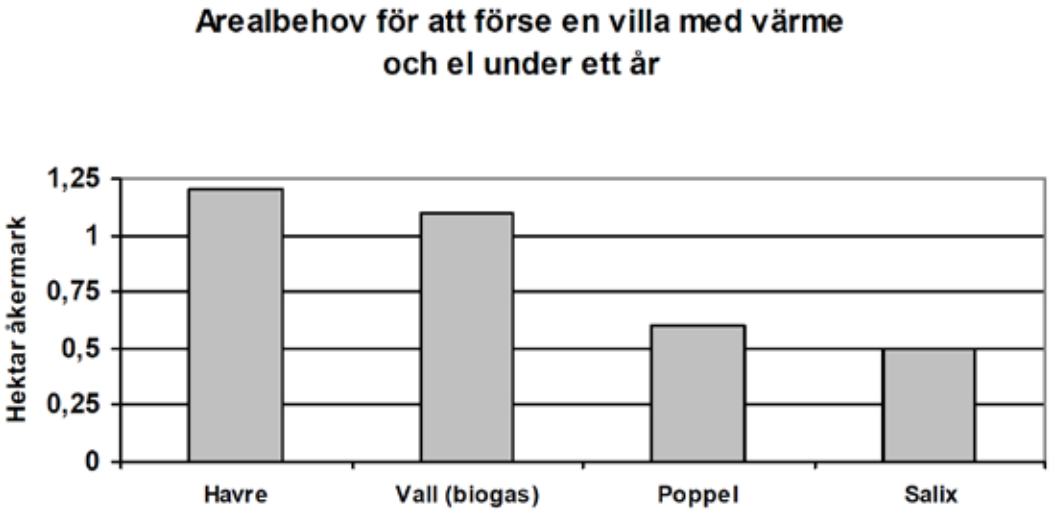
Poppel och hybridasp odlas i mycket liten omfattning idag. Framför allt hybridasp kan odlas längre norrut medan poppel idag passar bättre för södra Sverige. (Berndes m.fl., 2008)

Areabehov för att producera el och värme från åkerbränslen

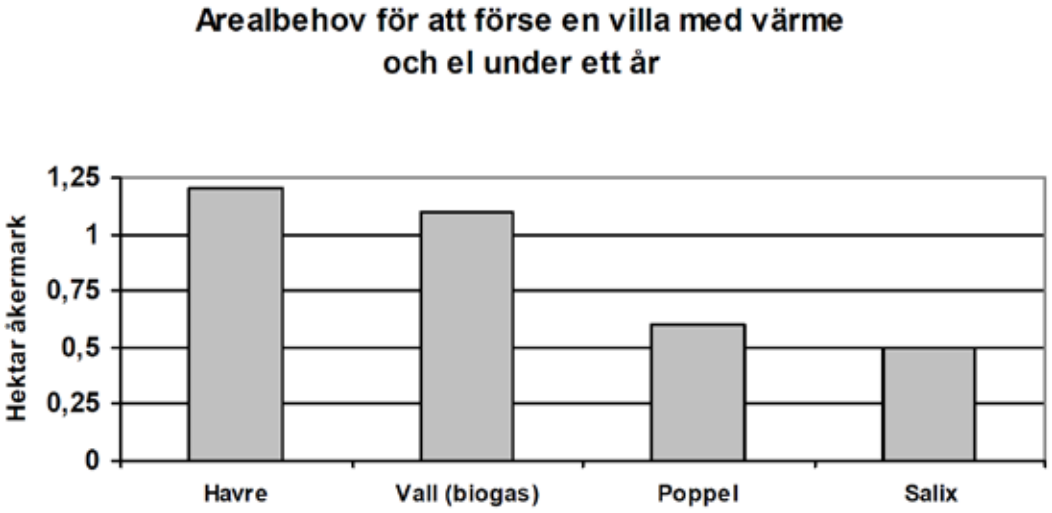
Berndes m.fl., (2008) har jämfört hur stora arealer som krävs för att förse en villa med värme och el från olika typer av biobränslen från åkermark. Som framgår av



Figur 7 behövs drygt en hektar för att tillgodose en villa med värme (15 000 kWh) och el (5 000 kWh) med hjälp av havre eller biogas från vall. För salix är arealbehovet mindre än hälften så stort, vilket också framgår av



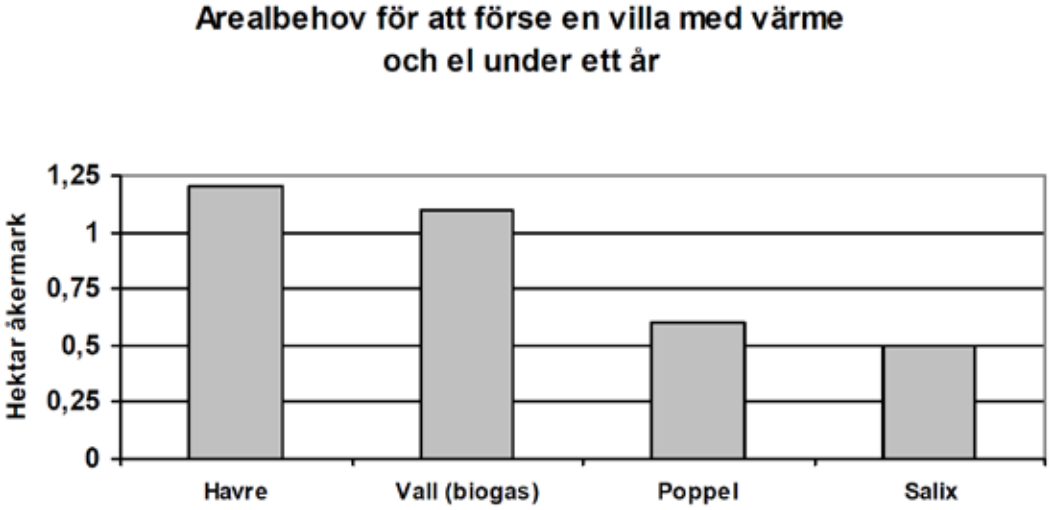
Figur 7 (Berndes m.fl., 2008).



Figur 7. Arealbehovet av åkermark för att förse en villa med värme och el

med olika energigrödor på åkermark som används i kraftvärmeproduktion. Resultaten baseras på odling på genomsnittlig åkermark i södra Götalands slättbygder samt på nettoenergiskörd (Källa: Berndes m.fl. 2008)

Om grödorna i



Figur 7 ersätter olja för att förse villan med värme och el och man jämför hur stort arealbehovet hade varit för att ersätta motsvarande mängd olja med biodrivmedel från samma grödor, så skulle arealbehovet vara betydligt större. Det beror på att omvandlingsförlusterna då biomassan ska konverteras till flytande eller gasformiga bränslen är betydligt högre än vid omvandling till el och värme (Börjesson m.fl., 2008). Den lägre effektiviteten genererar naturligtvis också en högre produktionskostnad för biodrivmedel.

Mål och styrmedel för produktion av energigrödor från jordbruket

Belhaj m.fl. (2010) har genomfört en studie för att ta fram underlag för beslutsfattare för att klargöra samspelet mellan jordbrukspolitiska, energipolitiska och miljöpolitiska mål vid bioenergiproduktion från jordbruket. Ett syfte var att visa på vilka konsekvenser olika styrmedel kan få på jordbruket som bioenergisystem.

Belhaj m.fl. (2010) tillämpade scenarioanalys för att beräkna effekten av olika styrmedel på produktionen av energigrödor från jordbruket. Scenarioanalysen visade att, baserat på antaganden och prognoser från OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) och FAO (Food and Agriculture Organization) som bl.a. bygger på sjunkande oljepris, kan Sverige öka produktionen av energi från jordbruket och samtidigt behålla ungefär samma livsmedelsproduktion. Om scenariot kompletteras med ökad beskattning av diesel och eldningsolja, skulle detta innebära ett ökat kostnadsläge för jordbrukssektorn, och livsmedelsproduktionen och produktionen av RME (rapsmetylester) skulle minska något (ca 0,5 %). Samtidigt skulle detta bidra till att öka energiuttaget från jordbruket, eftersom odling av energigrödan rörflen skulle öka. Odling av rörflen kräver mindre diesel jämfört med odling av livsmedel eller vall. Effekterna på koldioxidutsläppen är ändå små, eftersom det rör sig om små produktionsförändringar. En ytterligare generalisering av koldioxidskatten, till att även omfatta exempelvis koldioxidskatt på handelsgödsel, djurhållning och markemissioner,

skulle få en större effekt på Sveriges utsläpp av växthusgaser. Beräkningen visar att en ensidigt svensk breddning av koldioxidskatten skulle få en kraftig effekt. Utsläppen från jordbruket skulle kunna minska med 2 miljoner ton CO_2-ekvivalenter, samtidigt som det tillkommer 1,5 TWh bioenergi.

Belhaj m.fl. (2010) gjorde även en scenarioberäkning baserat på antaganden från en långtidsprognos från Energimyndigheten (ett högre oljepris). Denna beräkning gav ett helt annat utfall än OECD/FAO-beräkningen, vilket visar att antaganden och prognoser om framtida oljepriser spelar stor roll för utfallet. Produktionen av biobränslen från jordbruket drivs av förmågan att tjäna pengar på det och antaganden om priser och koldioxidbeskattning driver således utvecklingen. Resultaten från beräkningen kan användas som underlag för att ta fram styrmedel i form av beskattning eller subventionering för att styra utvecklingen för jordbruksrelaterade bioenergisystem.

De olika scenarioberäkningarna från Belhaj m.fl. (2010) indikerar att produktionen av biogas från jordbruksgrödor inte kommer att vara lönsam i framtiden, eftersom andra energigrödor (exempelvis Salix) konkurrerar ut biogasen.

Odlings- och produktionskostnader för olika energigrödor

Berndes m.fl. (2008) har undersökt kostnader för odling och produktion av olika energigrödor. Produktionskostnader är beroende av energiinsats, bruttoenergiskörd och arbetsinsats. Alla dessa är beroende av vilken typ av mark och gröda som avses. Per energienhet biomassa är totala kostnaden för energiskog lägst. Det är framförallt odlingskostnaden som påverkar den totala kostnaden. Kostnaden för långtidslagring och hantering är dock lägre vad gäller spannmål och raps. Genomsnittskostnaderna för traditionella jordbruksgrödor såsom vete uppskattas till dryga 300 kronor per MWh medan Salix har en produktionskostnad på runt 150 kronor per MWh. Poppel och hybridasp uppskattas ha en kostnad på 200 kronor per MWh. Antagandet gäller för produktion på Götalands slättbygdsmarker. Mer information finns i syntesen för Jordbruk.

6.2.3 Biobränslen för småskalig brikettering och pelletering

Brikettering och pelletering behandlas framförallt i den parallella syntesen om Förädling och åkerbränslen (Gustavsson & Rönnbäck, 2011). Ett projekt har dock ingått även i den strategiska syntesen, vilket beskrivs nedan.

Paulrud m.fl. (2009) har undersökt möjligheter att öka användningen av ”nya” biobränslen för småskalig värmeproduktion. Genom att kompaktera bränslet genom brikettering eller pelletering kan transportkostnaderna minskas avsevärt. Detta gör att en större mängd bränsle med högre energiinnehåll kan transporteras en längre sträcka än vad som annars hade varit fallet. Fokus för studien har varit på odlade grödor samt rest- och biprodukter från skogs- och jordbruket. Mer specifikt analyserades vilka biobränsleråvaror som har förutsättningar för brikettering och pelletering i mindre anläggningar (1 000-10 000 årston producerat bränsle) och i nära anslutning till råvaran. Resultaten visar att biobränsleråvaror som kan bli aktuella för småskalig förädling utgörs av både biobränslen från skogs- och jordbruk. Vanligen används sågspån för pelletering men det finns ett stort intresse

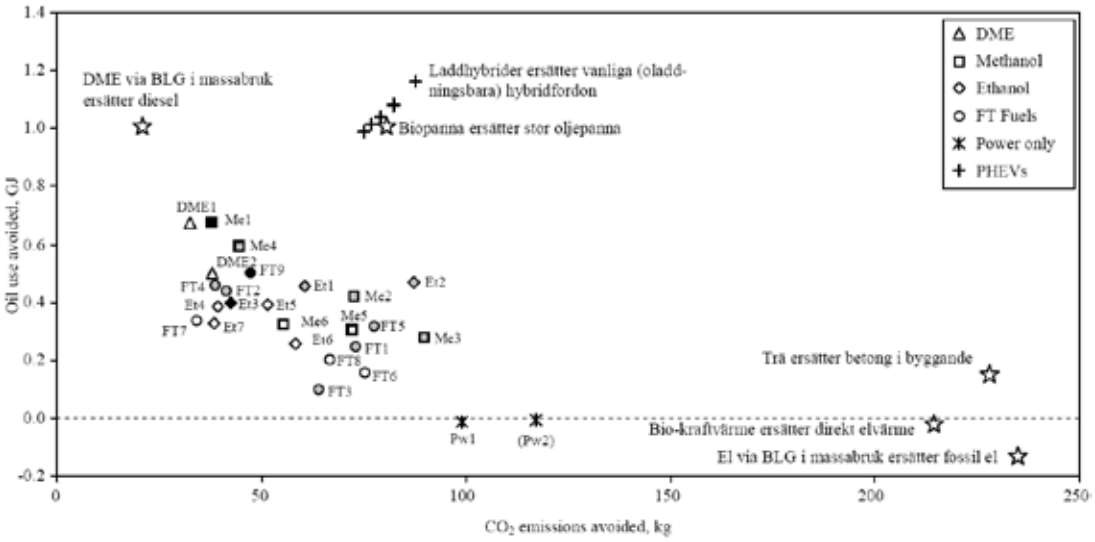
från industrin att kunna vidga råvarubasen genom användning av alternativa råvaror såsom jordbruksgrödor. Dessa har dock andra egenskaper som t.ex. skillnader i asksmältpunkt, hållfasthet och energiinnehåll vilket i sin tur ger olika förbränningsegenskaper. De jordbruksbränslen som identifierats som lämpliga för småskalig brikettering och pelletering är främst Salix, halm, rörflen och möjligen andra fleråriga gräs. Skogsbränslena utgörs av GROT, stubbar, gallrings- och röjningsvirke. Resultaten sammanfattas i Tabell 3 nedan.

Tabell 3. Sammanfattning av resultat från Paulrud m.fl. (2009)

Bränsle	Potential	Begränsningar
Halm	Låg produktionskostnad (lägst av studerade energigrödor) Goda möjligheter för snabb introduktion för småskalig förädling	Förbränningstekniska egenskaper
Salix	Etablerad råvara, kostnadseffektiv	Jordbrukarnas vilja att odla, kostnadseffektiviteten vid användning i värmeverk är idag högre
Rörflen	God potential för småskalig förädling, hellre brikettering än pelletering, kan odlas i hela landet, bättre förbränningsegenskaper än halm	
Gallrings- och röjningsvirke	Pelletering kan bli intressant vid brist på traditionella råvaror (sågspån)	Kräver att tekniken blir billigare och att efterfrågan på förädlade biobränslen ökar

6.2.4 Var i energisystemet gör biobränslen störst nytta?

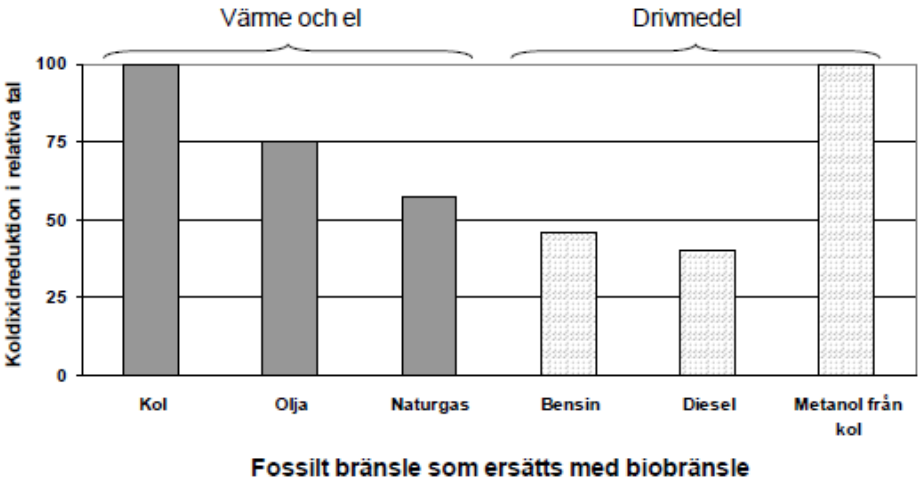
Joelsson & Gustavsson (2010) har analyserat vilka användningsområden för biobränslen (trädbiomassa) som ger störst nytta ur två perspektiv; dels för att minska koldioxidutsläppen och dels för att minska oljeberoendet. Resultaten visar att det finns en trade-off mellan mål om minskade koldioxidutsläpp samt minskat oljeberoende. Detta framgår tydligt av Figur 8. Åtgärder som innebär kraftigt minskade koldioxidutsläpp, men mindre oljereduktion är exempelvis om trä ersätter betong som byggnadsmaterial, om biokraftvärme ersätter direktverkande el och om el från svartlutsförgasning ersätter fossilbaserad elproduktion. Å andra sidan finns åtgärder som kraftigt bidrar till minskad oljeanvändning, men inte ger lika stora utsläppsminskningar av koldioxid. Exempel på sådana åtgärder är om svartluten istället för att producera el används för produktion av DME (dimetyleter) som ersätter diesel för transporter, om laddhybrider ersätter oladdbara hybridfordon eller om biobränslepanna ersätter oljepanna. De två sistnämnda åtgärderna ger även relativt stor koldioxidreduktion. Det bör kommenteras att samtliga bränslen inte är helt utbytbara och användbara för samtliga ändamål som undersökts. Exempelvis kan inte GROT användas för att bygga hus.



Figur 8. Sammanfattning av hur 1 GJ insatt biomassa för olika åtgärder kan bidra till minskad oljeanvändning (y-axeln) respektive koldioxidminskning (x-axeln). Beräkningarna baseras på diesel som referensdrivmedel, medan referensproduktionen av el utgörs av kolkondens. (Källa: Joelsson & Gustavsson, 2010 samt Gustavsson, 2009)

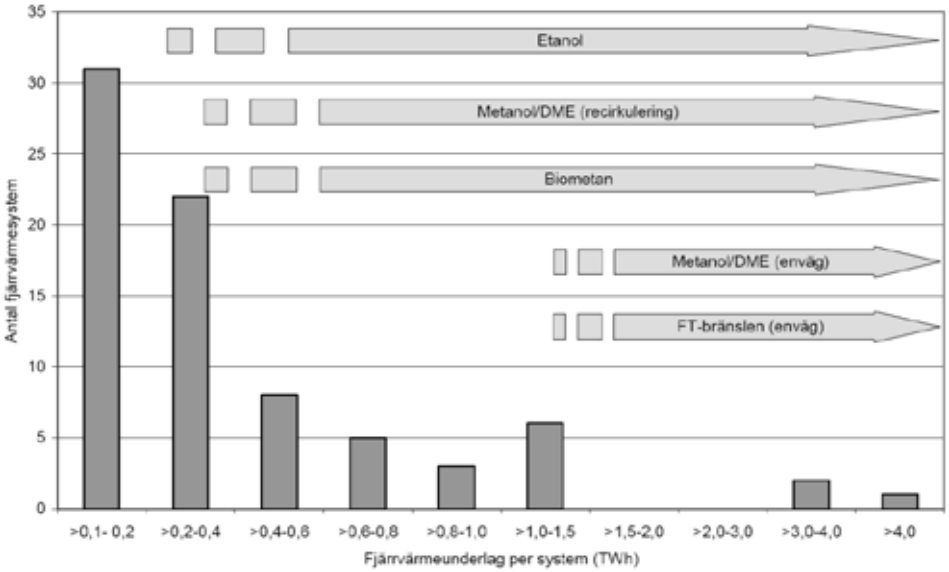
För att minska både oljeberoendet och koldioxidutsläppen är det sammanfattningsvis strategiskt viktigt att fortsätta utfasningen av direktverkande el och olja, att satsa på biokraftvärme med högt elutbyte, att energieffektivisera, att satsa på plug-in-fordon och att vidareutveckla förgasningstekniken för biomassa (framförallt svartlutsförgasning). Gustavsson och Joelsson (intervju, 2010)

Börjesson m.fl. (2008b) har gjort liknande analyser av klimatnyttan med att använda biomassa för ersättning av olja i transportsektorn alternativt kol, olja eller naturgas för elproduktion. Resultaten är illustrerade på annat sätt (Figur 9), dvs genom att ange den relativa utsläppsreduktion som erhålls. Som framgår av Figur 9 är det i dagsläget motiverat ur klimatsynpunkt att använda biobränslen till el och värme. Enligt figuren ger bioenergi som ersätter bensin och diesel mindre än hälften av koldioxidreduktionen jämfört med om biomassan istället ersätter kol till el och värme. På längre sikt kan dock bilden förändras, exempelvis om mer marginaliserade oljekällor såsom oljesand börjar användas i större skala eller om kol som förgasas till metanol ersätter bensin och diesel. (Börjesson m.fl. 2008b).



Figur 9. Den relativa reduktionen av koldioxid då trädflis ersätter kol, olja och naturgas för el – och värmeproduktion respektive om flisen förgasas och reformeras till metanol och ersätter bensin, diesel eller metanol från kol. (Källa: Börjesson, 2007)

En viktig aspekt för el-, värme- och biodrivmedelsproduktion i bioenergikombinat är att det finns ett värmeunderlag. Eftersom storskalfördelar ger den bästa ekonomin och totalverkningsgraden för sådana anläggningar, krävs att det finns ett fjärrvärmenät eller processindustri att leverera restvärme till, se även Figur 10.



Figur 10. Uppskattning från Börjesson och Eriksson (2008) av hur stort fjärrvärmeunderlag som krävs för att få avsättning för all värmeproduktion från olika energikombinat.

Valet mellan att göra el och värme eller drivmedel av bioenergin har också en annan dimension i ett europaperspektiv. Biodrivmedel minskar oljeberoendet medan biobränslebaserad el och värme i större utsträckning ersätter naturgas inom EU där naturgas för uppvärmning är utbredd. Bedöms leveranser av naturgas vara

osäkra i framtiden går troligen mer biobränsle till el- och värmegenerering inom EU. Bioenergisystem kan komma att utvecklas i olika riktningar beroende på denna prioritering (Berndes m.fl., 2008).

6.2.5 Bioenergiscenarier

Fjärrvärmeunderlagets utveckling

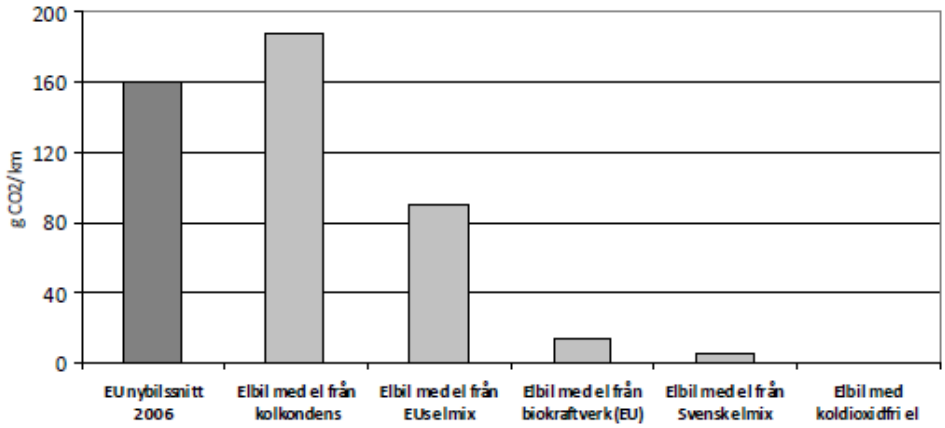
I Börjesson & Eriksson (2008a) bedöms att bioenergitillförseln till fjärrvärmesystemen kommer att öka från 20 TWh till mellan 31 och 46 TWh inom 10 till 15 år. Analysen har gjorts länsvis genom litteraturstudier och genom Svensk Fjärrvärmes statistik samt egna bedömningar av de tekniska och fysiska förutsättningarna. Variationen beror framförallt på olika prognoser om utvecklingen av värmeunderlaget och avfallsförbränningen. Resultatet visar också att potentialen för en ökning är störst i Stockholms, Skånes och Västra Götalands län.

Utvecklingen av fjärrvärmeunderlaget har studerats i ett antal olika rapporter. I en prognos som Profu tagit fram på uppdrag av Svensk Fjärrvärme (Göransson m.fl., 2009.) beräknas i basfallet en minskning av fjärrvärmen med ca 10 %, Från 50 TWh (2007 normalårskorrigerat) till 44,9 TWh. I ett annat scenario minskar fjärrvärmeunderlaget med 20 %. I en annan prognos gjord av Svensk Fjärrvärme som sträcker sig fram till år 2015 tror medlemsföretagen dock på en ökning av fjärrvärmeleveranserna och nära nog en fördubbling av elproduktionen i kraftvärme. En ökning av fjärrvärmeleveranserna till industrier väntas bland annat beroende på att industrins skattelättnader för oljeuppvärmning fasas ut. I den framtida bränslemixen är det framförallt biobränslen och avfall som står för ökningen. En trend är dock att bolagen bakom de större utbyggda fjärrvärmesystemen i storstadsregionerna inte tror på en lika stor ökning av fjärrvärmeleveranserna och vissa tror till och med på en minskning (Svensk Fjärrvärme, 2009). Sammantaget visar de två ovanstående studierna att utvecklingen av fjärrvärmeunderlaget först ökat något för att sedan minska till 2025. De storstadsregioner som pekas ut som de som har stor potential för att öka bioenergianvändningen i fjärrvärmesystemet i Börjesson & Eriksson verkar samtidigt ha en nedåtgående trend för fjärrvärmeunderlaget.

Biodrivmedel eller el till framtidens fordon? Påverkan på bioenergianvändningen

Efterfrågan på biomassa för energiändamål påverkas av hur andra tekniker utvecklas och används. Exempelvis kan en utveckling av transportsektorn mot drivlinor baserade på el istället för biodrivmedel, kraftigt påverka vilka ändamål som biomassan kommer att användas för. Avskiljning och lagring av koldioxid (CCS) kan också komma att förändra prioriteringen av slutanvändningen av biomassan. Behovet kan förskjutas åt mer fast biobränslen till elgenerering för eldrift i fordon. I ett scenario då de biogena koldioxidutsläppen dessutom kan avskiljas och lagras (Bio-CCS) vid en betydande andel av kraftverken, kan ett negativt koldioxidutsläpp uppnås. Teknikutveckling på alternativa förnybara drivmedel såsom vätgas från biomassa eller förnybar el påverkar även det prioriteringen av användningsområdet för biomassa. (Berndes m.fl., 2008)

Miljö- och klimatnyttan med att använda el till transporter (elbilar eller plug-in hybrider) är starkt beroende av miljöprestanda för elen. Jämförelse av miljöprestanda för transporter som drivs med el eller biodrivmedel är inte trivialt. I avsnitt 6.3 beskrivs metoder för systemanalys och jämförelse av olika biodrivmedelskedjor och problematiken kring detta. Vid jämförelse med elfordon tillkommer problemet att miljövärdera el (se t.ex. Gode m.fl, 2009). Börjesson m.fl. (2008b) har gjort beräkningar där elen miljövärderats på flera olika sätt. Som framgår av Figur 11 nedan är resultaten för koldioxidutsläpp i g/km mycket starkt beroende av hur elen miljövärderas. När elen miljövärderas som kolkondens (dagens driftsmarginal) får eldrift högre fossila koldioxidutsläpp än motsvarande 2006 års genomsnittsbil inom EU. Andra antaganden om elens miljöprestanda ger fördel åt elbilen (Börjesson m.fl., 2008b).



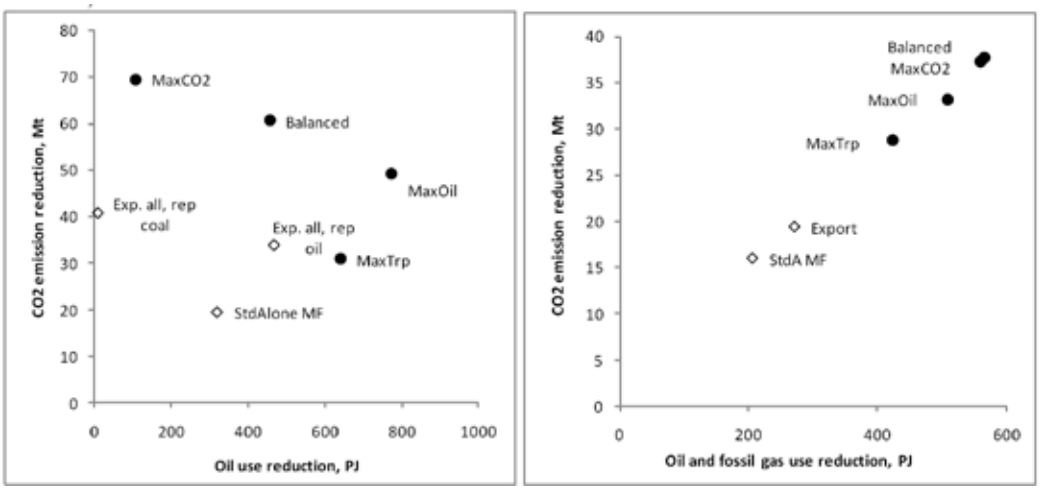
Figur 11. Koldioxidutsläpp från elbilsdift med olika antaganden om den elproduktionen. Antaganden om fordon är att det är en normalstor fyradörrars sedan. Eldrift anger en antagen framtida elförbrukning för samma storlek av fordon baserad på Åhman, M 2001. ”Primary energy efficiency of alternative powertrains in vehicles. Energy 26, 973-989”. Svensk elmix enligt Uppenberg m.fl. 2001 och övriga siffror enligt CONCAWE (Källa: Börjesson m.fl. 2008).

Det viktiga med figuren är att vara uppmärksam på att vilken metod för miljövärdering av el som väljs har stor inverkan på resultaten. Mer information om miljövärdering av el finns exempelvis i Gode m.fl. (2009), Engström m.fl. (2009) och Sköldberg och Unger (2008). Börjesson m.fl. (2008) betonar vikten av transparenta redovisningar av beräkningsförutsättningar samt av frågeställningen.

Gustavsson och Joelsson (intervju, 2010) har tagit fram scenarier där olika användningsområden för biomassa i Sverige analyseras ur perspektivet minskad oljeanvändning samt koldioxidutsläpp. Scenarierna möjliggör export av biobränslen, som då kan ersätta kol eller olja i stationära anläggningar utomlands. När de exporterade biobränslena ersätter annan elproduktion utomlands antas denna vara kolbaserad. Om biomassan ersätter drivmedel i ett internationellt perspektiv antas att diesel ersätts. Totalt har olika scenarier tagits fram och analyserats, bland annat:

- all biomassa exporteras och ersätter kol utomlands
- all biomassa exporteras och ersätter olja utomlands
- åtgärder genomförs i Sverige, men exportmöjligheten beaktas för att åstadkomma största möjliga globala CO2-minskning
- åtgärder genomförs i Sverige, men exportmöjligheten beaktas för att åstadkomma största möjliga globala oljereduktion
- all biomassa används för elproduktion i fristående anläggningar
- all biomassa används för drivmedelsproduktion i fristående anläggningar.

Resultaten från några av scenarierna visas i Figur 12. Som framgår av figuren kan ett balanserat scenario (där en avvägning gjorts så att oljeanvändningen och koldioxidutsläppen minskas så mycket som möjligt samtidigt) med åtgärder i Sverige minska den globala oljeanvändningen med 400 PJ (ca 110 TWh) och koldioxidutsläppen med ca 60 Mton.



Figur 12. Jämförelse av resultat för några utvalda scenarier. I figuren till vänster har ersatt el värderats som kolkondens, i figuren till höger har ersatt el värderats som naturgaskondens. (Källa: Joelsson & Gustavsson, manuskript)

Viktiga slutsatser från studien är att om det både är viktigt att reducera oljeanvändningen och koldioxidutsläppen bör följande åtgärder vidtas i Sverige:

- minska värmebehovet i byggnader
- ökad kraftvärmeproduktion i fjärrvärmenäten (exempelvis genom att konvertera hetvattenproduktion till kraftvärme eller att öka elverkningsgraden i befintliga kraftvärmeanläggningar)
- konvertera fossil kraftvärme till biokraftvärme
- använd förgasningsteknik (främst av svartlut) för elproduktion och produktion av biodrivmedel (DME)

- introducera laddhybridbilar för lätta fordon och hybridteknik för tunga fordon
- exportera biomassa och el till EU

Om fokus är på att minska de globala koldioxidutsläppen är viktiga åtgärder att konvertera uppvärmning från direktverkande el och olja till fjärrvärme, biobränsle och värmepumpar, att satsa på kraftvärme med hög elverkningsgrad, att satsa på effektiva hybridbilar i vägtrafiken samt att förgasa svartlut för elproduktion. Hög global oljereduktion får genom plug-in-hybrider i vägtrafiken, förgasning av svartlut för biodrivmedelsproduktion samt att ersätta olja i stationära anläggningar (främst genom export av biomassa).

En viktig strategisk slutsats som Gustavsson och Joelsson drar är att det är av stor betydelse att se till Sveriges möjligheter att bidra till global minskning av oljeanvändningen och koldioxidutsläppen och att inte enbart fokusera på minskning i Sverige.

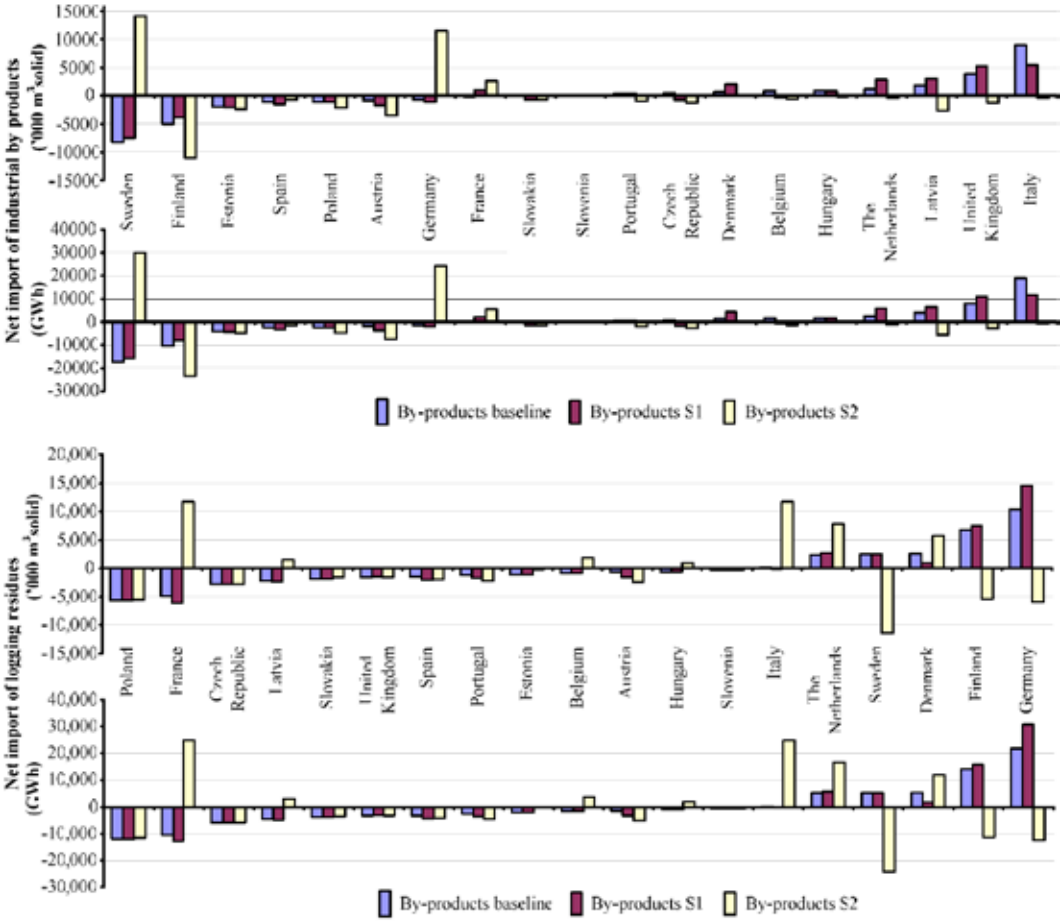
6.2.6 Biobränslehandel

Lundmark (2009) har vidareutvecklat en modell för handel med skogsråvara (European Forest Fuel Trade Model). Projektet har också syftat till att förbättra indata till modellen för att bättre kunna analysera konsekvenser av nya EU-policies, såsom konsekvenser av EU:s ”White Paper” respektive förnybarhetsmål. Resultat från modellkörningarna visar att substituerbarheten mellan inhemsk och importerad skogsråvara är mycket lägre än tidigare uppskattningar. Detta beror bland annat på att det saknas en internationell klassificering av skogsbränslen, vilket hämmar handeln. Skulle detta upprättas finns förutsättningar för en utökad handel. En ökad handel är vidare nödvändig för att öka användningen av skogsbaserad biomassa på ett kostnadseffektivt sätt eftersom olika länder har olika förutsättningar. Lundmark (2009) visar vidare att länder med mycket skogsråvara har viss komparativ fördel jämfört med andra länder.

De energipolitiska mål som undersökts kommer enligt Lundmark m.fl. (2009) att öka handelsvolymen för skogsbränsle med 67 %. Energipolitiska åtgärder och mål kommer att öka det inhemska priset på vissa biobränslesortiment. En ökad internationell handel med biomassa kan dämpa denna prisuppgång, enligt Lundmark. Beroende på vilken typ av energipolitisk åtgärd som analyseras så förändras handeln med olika biobränslesortiment på olika sätt. Det beror exempelvis på att vissa energipolitiska åtgärder sätter mål för ett visst bränslesortiment, men inte för andra eller sätter mål för en viss del av energisystemet, men inte för andra.

Lundmark (2009) och Mansikkasalo (2007) har vidare analyserat effekter av implementering av det tidigare EU-direktivet om främjande av förnybar el (2001/77/EG) samt av EU:s White Paper om förnybar energi. Det är viktigt att notera att analysen genomfördes innan EU beslutade om 20-20-20-målen och det nu gällande förnybarhetsdirektivet (2009/28/EG) inklusive medlemsstaternas respektive åtagande om ökad andel förnybar energi. Det betyder att studien illustrerar konsekvenser av en situation som inte är helt aktuell i dagsläget. Resultaten från analysen visar att om det tidigare EU-direktivet om främjande av förnybar el

(2001/77/EG) skulle ha implementerats fullt ut skulle Sverige bli nettoimportör av skogsindustriella biprodukter (sågverksflis och spån), men däremot nettoexportör av avverkningsrester, se Figur 11 (Mansikkasalo, 2007). Resultaten visar på motsatsen för det scenario som analyserat effekter av implementering av EU:s White Paper om förnybar energi och innebär alltså något oväntat att Sverige trots sin betydande inhemska träförädlingsindustri skulle tvingas importera delar av sitt råvarubehov. Detta beror enligt Mansikkasalo (2007) på att effekterna av EU:s White Paper skulle resultera i en ökning av den svenska värmeproduktionen medan kraft- och förädlingsindustrin skulle minska sin produktion. För att producera mer värme skulle Sverige då använda mer biprodukter och avverkningsrester vilket skulle minska möjligheterna till export och öka behovet av import. Resultaten gäller under de förutsättningar som angivits i studien. I verkligheten kan konstateras att den biobränslebaserade elproduktionen tredubblats på 10 år (Energimyndigheten, 2010g).



Figur 13. Nettoimport av industriella biprodukter (ovan) samt avverkningsrester (nedan) enligt olika scenarier: S1 = full implementering av EU:s White Paper om förnybar energi, S2 = full implementering av det tidigare EU-direktivet om förnybar el (2001/77/EG). (Källa: Lundmark och Mansikkasalo, 2009). Notera att analysen alltså genomfördes innan det nu gällande förnybarhetsdirektivet tillkom och därmed illustrerar konsekvenser av en situation som inte är helt aktuell i dagsläget.

När det gäller priskänsligheten för olika sektorer så visar Lundmark att energisektorn är relativt mer priskänslig i valet mellan fossila bränslen jämfört med skogsbränsle. Däremot är skogsindustrin mer priskänslig i sina inköp av skogsråvara än energisektorn.

Peck m.fl. (2009) har analyserat hur globala tillförselkedjor för bioenergi kan mobiliseras och vilka nyckelfrågorna är för att den globala bioenergipotentialen ska kunna tillgodogöras. Projektet handlar mycket om hur den globala bioenergiindustrin bör agera för att den globala bioenergipotentialen ska kunna realiseras, hinder, möjligheter samt institutionella utmaningar.

Peck m.fl. (2009) menar att samspelet mellan befintliga industrier (särskilt de som nu konkurrerar om biomassaråvaran) är mycket viktigt för att utveckla en väl fungerande bioenergimarknad. Särskilt viktigt är att bioenergiindustrin beaktar samspelet med andra traditionella industrier som använder biomassa (exempelvis skogsindustrin). Internationell handel gynnar alla och bedöms som ytterst relevant för att kunna realisera de globala biobränslepotentialerna. Sammantaget nämns följande som knäckfrågor för en väl fungerande biobränsleindustri:

- Bioenergiindustrin måste arbeta för ökad trovärdighet för utvecklingen av en väl fungerande handel
- Allmän och politisk acceptans för utveckling av bioenergimarknaden är nödvändig
- Gemensamma åtgärder mellan olika industrier som använder biomassa krävs, med samarbeten som är gynnsamma för alla
- Bred förankring bland olika avnämare är viktigt

Diskussion förs också om hur marken kan användas mer effektivt för flera ändamål, såsom bioenergi och matproduktion. Peck (intervju, 2010) konstaterar att det finns en mycket stor potential för ökad biobränsleproduktion i u-länder. Om politiker vill påverka så att denna potential kan utnyttjas bör inte enbart medel avsättas för tekniksubvention. Minst lika viktigt är policyverktyg för kostförändring, vilket skulle kunna ge stora effekter. Globalt sett är det mycket stora ytor som skulle kunna förändras, ca 1 miljard hektar (Peck, intervju). Vidare påpekar Peck att det finns en enorm potential för effektivisering av jordbruket, som inte skulle påverka matproduktionen negativt. Samtidigt kan mark frigöras för bioenergiändamål, vilket är gynnsamt för den globala bioenergihandeln.

Två viktiga slutsatser från Peck m.fl. (2009) är att en väl fungerande global bioenergihandel behöver utvecklas (med välfungerande självkontroll av den ingående industrin) samt att det finns mark under de närmsta årtiondena som kan ge mycket bioenergi. Viktiga nycklar till framgång för den globala bioenergiindustrin är gott rykte och legitimitet. (Peck m.fl., 2009)

6.3 Biodrivmedel

6.3.1 Biodrivmedlens miljöprestanda

För att kunna göra rättvisa jämförelser krävs att alla biprodukter inkluderas i en livscykelanalys. Vidare bör inte enbart miljöeffekt per energienhet bränsle anges utan även hur mycket bränsle som en hektar ger, eftersom odlingsmark kan betraktas som en begränsad resurs. Areaeffektivitet, exempelvis GJ/ha/år, tillsammans med miljöeffekt per GJ bränsle, exempelvis CO_2-ekvivalenter per GJ/ha/år, ger en mer rättvisande bild. Knappheten på mark beaktas samtidigt som grödans biprodukter och energieffektivitet vid produktion inkluderas (Börjesson & Tuvfesson, 2008d). Areaeffektivitet är i dagsläget inte en lika viktig parameter för biobränslen som används till el och värme (i Sverige) eftersom dagens biobränslen till el och värme till stor del kommer från restprodukter från skogsbruket. Den översikt som ges i detta avsnitt avser huvudsakligen de i dagsläget befintliga biodrivmedlen baserade på jordbruksgrödor.

Metoder för värdering av biodrivmedelskedjor

Idag finns ingen standardiserad metod för att beräkna indikatorer som beskriver effektiviteten i olika bioenergisystem (Berndes m.fl., 2008). När effektiviteten ska jämföras är det av yttersta vikt att klargöra vilka förädlingssteg som jämförs. I Börjesson & Tufvesson (2008d) anges två viktiga indikatorer som bör användas vid bedömning av effektiviteten hos ett bioenergisystem som baseras på energigrödor på produktiv mark. De två indikatorerna är areaeffektivitet samt miljöeffekt eller klimateffekt per GJ bränsle. Areaeffektivitet kan mätas i GJ/ha/år, och klimateffekt exempelvis som utsläpp per GJ/ha/år. Som exempel blir enheten om klimateffekt mäts CO_2-ekvivalenter per GJ/ha/år. Börjesson & Tuvfesson (2008d) menar att måtten areaeffektivitet och klimateffekt tillsammans ger en rättvis jämförelse, då knappheten på mark beaktas samtidigt som grödans biprodukter och energieffektivitet vid framställning inkluderas. För biodrivmedel från biomassa som odlas på oanvänd marginalmark är areaeffektiviteten mindre relevant och detsamma gäller om biodrivmedel framställs av restprodukter från annan odling eftersom användningen inte leder till någon ökad konkurrens om odlingsmark (Börjesson m.fl., 2008b).

Areaeffektiviteten kan uttryckas på olika sätt, exempelvis som bruttoenergiskörd och nettoenergiutbyte, se vidare nedan. Även energibalans används ofta för jämförelse av olika drivmedelskedjor. Energibalansen är bruttoenergiskörden dividerat med den insatta hjälpenergin. Andra exempel på jämförelsemått är körsträcka per hektar.

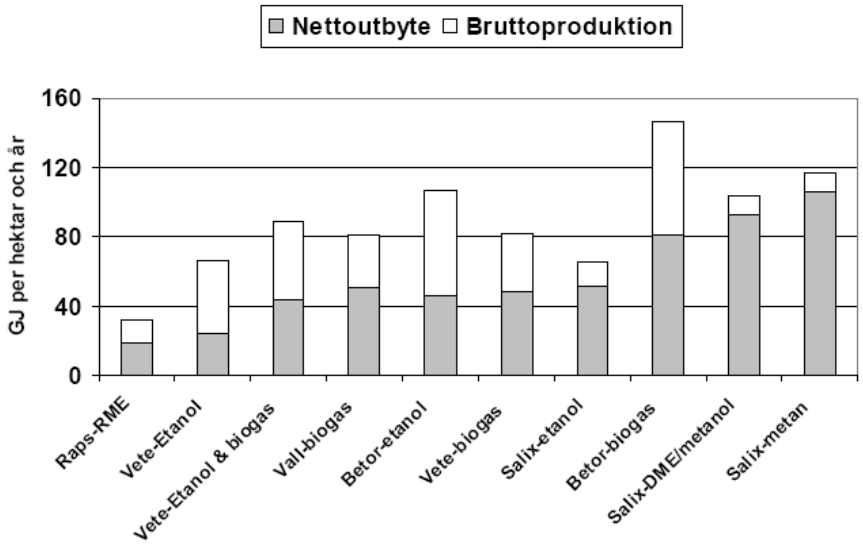
Bruttoenergiutbyte

Bruttoenergiutbyte eller bruttoenergiskörd beskriver hur mycket biodrivmedel som ges på varje hektar mark (odlingseffektivitet) och inkluderar alltså omvandlingseffektiviteten till drivmedel. Bruttoenergiutbytet av energigrödor som odlas på åkermark varierar från ca 75 GJ/ha/år för raps till nära 200 GJ/ha/år för sockerbetor (se Figur 15). I det här fallet gäller utfallet för mark på slättbygderna i Göta-

land (Berndes m.fl., 2008). Typ av mark och geografiskt läge är viktiga parametrar då energieffektiviteten specificeras. Bruttoenergiskörden per hektar och år har även stor betydelse för hur stor insatsen av kväve blir i odlingen, se vidare i avsnitt 6.

Nettoenergiutbyte

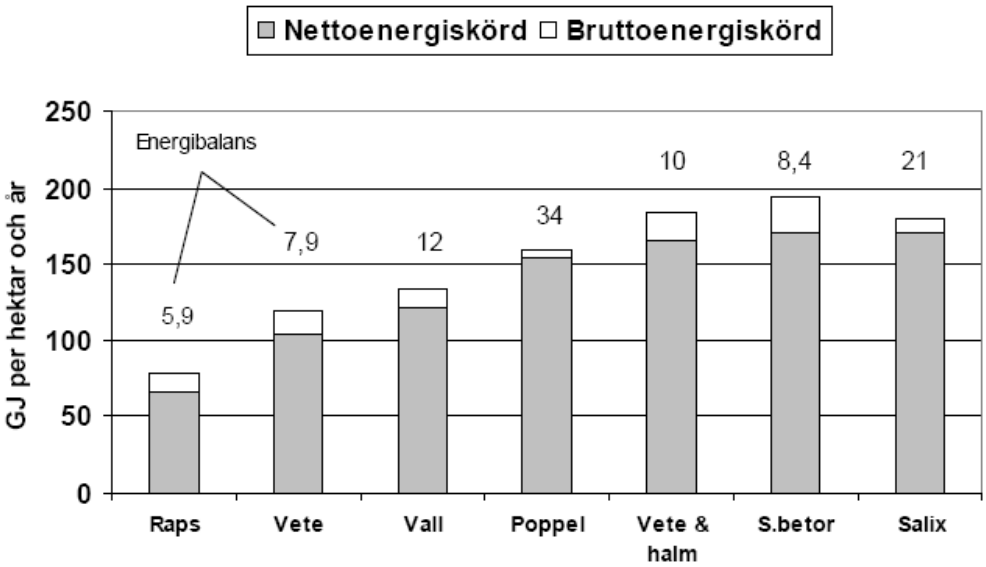
Nettoenergiutbytet inkluderar även insatt hjälpenergi tar alltså hänsyn till de energiinsatser som behövs vid odling, transport och drivmedelsproduktion. Nettoenergiutbytet är alltså bruttoenergiutbytet minus den insatta energin per hektar mark som åtgår vid odling (Berndes m.fl., 2008). Skillnaderna mellan olika bioenergisystem blir större vid jämförelse av nettoenergiutbyte än bruttoenergiutbyte. Det kan exempelvis produceras fem gånger mer drivmedelsenergi i form av DME (dimetyleter) genom förgasning av Salix per hektar jämfört med drivmedelsenergin i RME (rapsmetylester) från raps. Detta gäller för samma typ av mark som ovan (slättbygder i Götaland). I Figur 14 finns en samlad bild över olika grödors bruttoproduktion och nettoutbyte av biodrivmedel. Detta kan jämföras med nettoutbytet om biomassan istället används för att producera el och värme, som då är betydligt högre eftersom den insatta energin är lägre.



Figur 14. Bruttoproduktion och nettoutbyte av biodrivmedel per hektar och år. Produktionen gäller för genomsnittlig åkermark på slättbygder i Götaland. Biprodukternas energiinnehåll har subtraherats från drivmedelsproduktionen. (Källa: Börjesson. 2007)

Energibalans

Energibalansen avser bruttoenergi dividerat med den insatta energin i odlingen. Ju högre värde på energibalansen, desto bättre är energieffektiviteten. Sämst energibalans har raps (knappt 6) och bäst har Poppel och Salix med 34 respektive 21. Som jämförelse har GROT en energibalans på 47 i Berg m.fl. (2010). Energiinsatsen för GROT inkluderar dock även flisning och transport till värmeverk.



Figur 15. Brutto- och nettoenergiskörd (bruttoenergiskörden minus energiinsatsen) samt energibalansen (bruttoenergiskörd didviderat med energiinsatsen). Grödorna är odlade på genomsnittliga åkermarker på södra Götalands slättbygder. (Källa: Börjesson, 2007)

Körsträcka per hektar

En annan jämförelse av energieffektiviteten hos bioenergisystem är hur många mil per hektar som ett bioenergisystem ger. Genom det kommer även distributionen av biodrivmedlet och effektiviteten i fordonsmotorer för olika drivmedel att påverka resultatet. Dieselmotorer har generellt högre verkningsgrad än ottomotorn. Ungefär 10 000 mil per hektar och år ger Salix som förgasas och sedan omvandlas till metan som fordonsbränsle. Samma resultat fås för sockerbetor som fermenteras till etanol och där restprodukten rötas till biogas (metan). I de båda fallen är det en elhybridmotor som avses. I det senare fallet är dock energiinsatsen för odling, transport och omvandling betydligt större, 47 GJ/ha jämfört med 7 GJ/ha för Salix (Berndes m.fl., 2008). En viktig förutsättning vid jämförelser som dessa är att det är samma sorts drivlinor som jämförs, vilket inte alltid är fallet. En plug-in hybrid som förutom biodrivmedel förses med el som generas från biprodukter kan inte rättvist jämföras med ett annat biobränslesystem med en vanlig förbränningsmotor utan bidrag från biprodukter (Berndes m.fl., 2008).

Val av allokeringsmetod

Resultatet av livscykelanalyser av biodrivmedel påverkas starkt av hur fördelningen (allokeringen) görs av emissioner och primärenergi mellan olika produkter som bildas vid biodrivmedelsproduktionen. Exempel på situationer som kräver allokering är då biodrivmedel samproduceras med el och värme i energikombinat eller om det bildas biprodukter vid biodrivmedelsproduktionen, vilka kan användas för något ändamål. Allokering kan göras på många olika sätt, exempelvis baserat på ekonomiskt värde respektive energiinnehållet hos produkterna eller genom systemutvidgning där hänsyn tas till hur biodrivmedelsproduktionen påver-

kar system utanför själva biodrivmedelskedjan, se exempel nedan. En allokering kan alltså genomföras på olika sätt och valet av metod har stark påverkan på resultatet.

Exempel på systemutvidgning är om biprodukten ligninpellets från etanolproduktion av lignocellulosa får tillgodoräkna sig den minskade miljöpåverkan från den eventuella villaolja den ersätter. En systemutvidgning ska dock inte generaliseras. I ett annat exempel med etanolproduktion från vete måste avsättning av biprodukten beaktas. Finns inte avsättning för de foder som biprodukten från etanoltillverkning ger, kan heller inte etanolen tillgodoräkna sig den minskade miljöbelastningen för att ersätta exempelvis sojaprotein som foder. Det är viktigt att hänsyn tas till hur stora volymer av biprodukten som kan produceras innan marknaden för produkten är mättad. Det innebär att biprodukterna kan komma att få en ändrad miljöprestanda efter en tid och därmed även huvudprodukten.

Vid energiallokering fördelas miljöpåverkan utifrån energiinnehållet på olika produkter. Exempelvis i veteetanolprocessen får halmen då bära den tyngsta miljöbördan (42 %) medan huvudprodukten etanol får en lägre börda (36 %). Det beror på att för varje energienhet etanol som producerats även genererar drygt en energienhet halm.

En ekonomisk allokering ger istället etanolen en större börda, 70 %, eftersom det ekonomiska värdet på halmen är relativt lågt. Ekonomisk allokering tar alltså hänsyn till det ekonomiska värdet för respektive produkt och fördelar miljöbördan enligt detta. För att kunna göra rättvisa jämförelser bör ekonomisk allokering tillämpas då det är stor ekonomisk skillnad mellan huvud- och biprodukt (Börjesson & Tufvesson, 2008d).

Inom EU:s förnybarhetsdirektiv (2009/28/EG) anges att energiallokering ska tillämpas. I förslaget anges dock att endast samprodukter vid själva biodrivmedelsframställningen ska ingå i allokeringen, medan avfall och skörderester enbart belastas från den punkt där de börjar samlas in. I fallet etanol från vete innebär detta alltså att halmen från veteproduktionen inte belastas av odlingens emissioner, och inte heller ingår i bedömningar av etanolens emissioner. Därmed får etanolen ungefär samma andel av miljöeffekten som vid ekonomisk allokering, 70 %. En fördel med energiallokering jämfört med ekonomisk allokering är att resultatet blir konstant över tid.

Reduktionen av fossila växthusgaser per energienhet biodrivmedel, jämfört med om bensin eller diesel används, är mellan 34 – 83 % då en ekonomisk allokering mellan huvud- och biprodukter gjorts i Börjesson & Tufvesson (2008d). Då livscykelanalysen genomförs med en systemutvidgning är reduktionen än högre, 59 – 95 %. Minst reduktion fås från RME och högst för Salix-baserade biodrivmedel som framställts genom förgasning av biomassan,

I en studie av Ecotraffic (Anon, 2010, manuskript) undersöks vad skillnaden blir för fyra vanliga biobränslen om livscykelanalysen görs med energiallokering istället för systemutvidgning. Jämförelsen har gjorts för vetebaserad etanol från NEAB, RME från rapsfrön producerad av Perstorp, diesel från tallolja producerad

av SunPine och Preem och DME från svartlut från Chemrecs demonstrationsanläggning

Resultatet från studien visar i likhet med Börjesson & Tufvesson (2008d) att en systemutvidgning ger lägre energisats och koldioxidutsläpp. För den vetebaserade etanolen blir utsläppen av koldioxid ungefär 15 % lägre jämfört med om energiallokering tillämpas (Anon, 2010, manuskript). Största bidragande orsaken till detta är de minskade utsläppen av växthusgaser vid produktion av handelsgödsel som en systemexpansion kan tillgodoräkna sig genom att rötrester från dranken (då denna biprodukt används för biogasproduktion) används som gödsel. Liknande resultat erhålls även för andra biodrivmedelskedjor.

Viktiga faktorer vid miljöbedömning av biodrivmedel

Börjesson & Tufvesson (2008) samt Börjesson m.fl. (2008) lyfter fram viktiga slutsatser för att få rättvisa jämförelser av olika biodrivmedel producerade från energigrödor. Deras slutsatser är att indirekt markanvändning (även kallat undanträngningseffekter) normalt inte ska inkluderas i livscykelanalyser eller certifieringssystem av biodrivmedel. Det finns en rad svårigheter med att ange vilken odling som tränger undan vilken. Dessa eventuella undanträngningseffekter ska istället avhjälpas med nationella markanvändningsplaner och nationella regelverk. Vidare menar författarna att generella metoder för utsläpp av biogena lustgasemissioner inte ska användas. Storleken på lustgasutsläppen har stor påverkan på den totala miljöprestandan för biodrivmedel. Därför är det viktigt att så långt det är möjligt basera beräkningarna på verkliga fältmätningar och försök. Katalytisk lustgasrening vid tillverkning av handelsgödsel bör vidare vara ett krav vid en certifiering av biodrivmedel.

Ytterligare resultat visar på att certifieringskrav för kväveläckage måste ha en hög flexibilitet eftersom olika marktyper och deras geografiska placering måste beaktas. Areaeffektiviteten är en annan faktor som måste ingå i en jämförelse mellan olika bränslens miljöpåverkan, tillsammans med klimatpåverkan för nettoenergi per hektar och år. Klimatpåverkansmåttet (CO_2-ekvivalenter per GJ/ha/år) tar hänsyn till fler aspekter såsom; energieffektiviteten i tillverkningsprocessen, odlingseffektiviteten och biprodukternas användning.

Systemutvidgning för att ta hänsyn till biprodukternas alternativa användningsområden är bra, men vid systemutvidgning måste hänsyn tas till hur stora volymer av biprodukten som kan produceras innan marknaden för produkten är mättad. Det innebär att biprodukterna kan komma att få en ändrad miljöprestanda efter en tid. Författarna förordar att ekonomisk allokering bör tillämpas (det vill säga att utsläppen fördelas med avseende på ekonomiska parametrar) då det föreligger stora skillnader i värdet mellan huvud- och biprodukter eller om systemutvidgning inte är möjlig.

Energiallokering (fördelning av emissioner med avseende på energiparametrar) riskerar att cementera ett drivmedelsystem vid att producera stora mängder biprodukter med låg kvalitet, en optimering av drivmedelssystemet riskerar därmed att utebli.

Det bör påpekas att det är energiallokering som rekommenderas i EU:s förnybarhetsdirektiv medan ISO 14044 rekommenderar systemutvidgning.

6.3.2 Energi- och klimateffektiva biodrivmedelskedjor

Energieffektiva biodrivmedelskedjor

I Börjesson & Tufvesson (2008d) ges några slutsatser för energi- och areaeffektiviteten för olika biodrivmedelskedjor baserade på energigrödor som odlas på jordbruksmark. Börjesson & Tufvesson drar ett antal slutsatser: Biodrivmedel som kommer från fleråriga vedbaserade energigrödor (exempelvis Salix) och som produceras genom termisk förgasning har den högsta energi- och areaeffektiviteten.

Energieffektiviteten hos etanol och biodiesel (läs: RME) är i högsta grad beroende av utnyttjandet av biprodukterna. Om halmen och biprodukterna vid produktionen används till proteinersättning eller energiändamål erhålls en betydligt högre energibalans än om så inte är fallet. Vad gäller valet mellan att producera etanol eller biogas från åkergrödor visar studier att biogasproduktion ger en högre areaeffektivitet. (Börjesson & Tufvesson, 2008d)

Som tidigare nämnts är areaeffektiviteten inte lika relevant för biodrivmedel som framställs av restprodukter från annan odling och odling som sker på oanvänd marginalmark eftersom användningen inte leder till någon ökad konkurrens om odlingsmark (Börjesson m.fl., 2008). Däremot är energibalans (energieffektivitet) fortfarande en viktig aspekt.

Klimateffektivitet för olika biodrivmedelskedjor

Klimateffektiviteten för olika biodrivmedelskedjor avgörs en hel del av energi- och areaeffektiviteten men inte enbart. I Börjesson & Tufvesson (2008d) anges framförallt fyra olika faktorer som avgör nettoemissioner av växthusgaser; utsläpp av lustgas under odlingen, typ av bränsle vid produktion av biodrivmedlet, hur biprodukter utnyttjas och hur deras nytta tillgodoräknas samt förändring av markollager beroende på vad alternativet till energigrödan är.

Klimateffektiva biobränslesystem karaktäriseras av att;

- de har en hög odlingseffektivitet (GJ bruttoenergi per hektar och år) och litet behov av kvävegödsling, vilket ger låga lustgasutsläpp.
- använd el, värme och processånga för biodrivmedelsprocessen produceras från energikällor med låg klimatpåverkan[21]
- biprodukterna används effektivt och ersätter produkter med höga utsläpp av fossila växthusgaser
- de baseras på perenna energigrödor som odlas på mark där det tidigare odlades annuella växter eftersom detta ger en ökning av markollagret

[21] Exempelvis förnybara energikällor. Det bör noteras att det inte är självklart hur el till processen ska miljövärderas. Här görs ingen bedömning av hur el bör miljövärderas utan konstateras bara att el från energikällor med låg klimatpåverkan ger klimateffektiva bränslen.

6.3.3 Potentialen för ökad biodrivmedelsproduktion

Etanol och RME

Börjesson & Eriksson (2008a) har analyserat möjlig avsättning för biodrivmedel samt de biprodukter som bildas vid produktionen av biodrivmedel. De antar en obegränsad avsättning av drivmedel från biomassa, medan avsättningen för biprodukterna och utbredningsområdet för grödan är begränsande faktorer. Dranken från spannmålsbaserad etanol konkurrerar framförallt med rapsmjöl från rapsmetylesterproduktionen om att avsättas som foderråvara till boskap. Rapsodlingens utbredning beräknas kunna producera som mest 1,4 TWh RME per år i Sverige i ett perspektiv om 10-20 år från nu. Det är framför allt problem med växtföljdsjukdomar och skadeinsekter vid långvarig odling av raps på samma åkerareal som begränsar avkastningen (Börjeson m.fl 2008b) Första generationens etanolproduktion antas kunna uppgå till 3,8 TWh, jämfört med 2005 års nivå om 0,7 TWh (varav 0,3 TWh var spannmålsbaserad etanol). Prognosen förutsätter att drankens kvalitet förbättras så att den kan konkurrera om att vara foderråvara. För varje producerad liter etanol från spannmål blir det 0.8 kg torrsubstans av biprodukten drank.

Biogas

Ett intressant scenario vore om dranken från etanolprocessen också rötas till biogas. Då skulle avsättningen för dranken öka vilket skulle ge förutsättningar för en större etanolproduktion. Produktionen av drivmedel per hektar skulle även öka med 40 % (Börjeson m.fl. 2008b) . Dranken som rötas till biogas behöver inte heller torkas vilket är fallet då den ska bli proteinfoder. Den begränsande faktorn för hur mycket drank som kan användas till biogas blir framförallt den ekonomiska begränsningen för transporter av rötrester från biogasproduktionen. Användningen för rötrester är främst som gödselersättningsmedel och kan därmed ersätta handelsgödsel. Rötrester från biogasproduktionen kan avvattnas vilket ger ett mer koncentrerat gödsel. Det skulle utöka det ekonomiskt möjliga transportavståndet och bidra till en ökad potential för biogasproduktion från dranken. Enbart vid en etanolfabriken i Norrköping antas att biogasproduktionen från drank skulle kunna ge 0,4 TWh per år om all drank rötas. (Börjesson & Eriksson, 2008a)

Biogas kan också produceras från andra restprodukter så som gödsel, organiskt avfall från hushåll och livsmedelsindustri och växtrester vid odling av grödor. Det finns fortfarande en stor potential att utnyttja dessa. En stor fördel med att använda restprodukter är att konflikt om odlingsmark undviks. Ökad livsmedelsproduktion på åkermark (även ökat skogsbruk) ger snarare en ökad potential för användning dessa restprodukter till drivmedel. Biogas från gödsel, i synnerhet flytgödsel, ger dessutom en dubbel klimatnytta då spontan metanavgång från den normala gödselhanteringen undviks. (Börjeson m.fl. 2008b)

Sockerbetor används vid biogasproduktion men har idag en relativt dålig ekonomisk avkastning och mer teknikutveckling krävs. Potentialen för biogas från sockerbetor inklusive blast uppskattas till 2 TWh. Det är framförallt kravet på bra

jordmån och gynnsamt klimat som begränsar denna teoretiska potential (Börjeson m.fl. 2008b).

Övriga hinder för en utökad användning av biogas har hittills framförallt varit att bygga upp en kostnadseffektiv infrastruktur för drivmedelsanvändningen (Börjeson m.fl. 2008b).

Andra generationens drivmedel

För cellulosabaserad etanol samt drivmedel från förgasning av biomassa till metanol, biometan, DME och FT-diesel[22] – finns ingen kvantifiering i Börjesson & Eriksson (2008a) av hur mycket som kan komma att produceras inom 10-20 år. En sammanställning i rapporten visar att största potentialen för bioenergikombinat finns längs kusterna. Därigenom bör en stor fördel vara att lokalisera kombinatet i hamn för att undvika transporter på högt belastade vägar, detta gäller speciellt Stockholmsområdet. För att minska restvärmen från processen krävs en god återcirkulering av värmen tillbaka till processen. Elproduktion med kombicykel (produktion med kombinerad gas- och ångturbin) ger också ett lägre värmeöverskott. (Börjesson & Eriksson, 2008a).

6.4 Standardisering & certifiering

Energimyndigheten stödjer standardiseringsprojekt inom bioenergiområdet. I denna syntes beskrivs några av dessa projekt. Fler standardiseringsprojekt ingår i syntesen om Förädling och åkerbränslen (Gustavsson & Rönnbäck, 2011)

6.4.1 Strategisk betydelse av standardiseringsarbete

Sverige deltar idag i ett flertal standardiseringsprocesser, exempelvis om hållbarhetskriterier och om fasta biobränslen. Sverige är med och påverkar i syfte att standarder skall beakta bland annat de förutsättningar som finns i det svenska skogsbruket. Sverige har en lång rad kunniga människor som kan delge erfarenheter och forskningsresultat och det finns en dimension av kunskapsöverföring inom detta arbete.

Terminologin i standardiseringsarbetet är mycket viktig. Det förekommer att olika standarder använder olika definitioner och terminologi för samma sak. Exempelvis skulle det kunna hända att biobränslen definieras på olika sätt i olika standarder, vilket vore mycket förvirrande.

För att Sverige ska få ut så mycket som möjligt av ett standardiseringsarbete är det viktigt att vara med både i grundarbetet (i olika nationella och internationella tekniska kommittéer och i internationella expertarbetsgrupper) och även lämna synpunkter på dokument som framkommer. Antalet experter som varje land kan ha i arbetsgrupperna är begränsat. Därför är det extra viktigt att experter utses som är engagerade, kan föra Sveriges talan och verkligen är insatta i ämnet (Olaru Verouhis, intervju).

[22] Dessa biodrivmedel brukar benämnas som andra generationens drivmedel

6.4.2 Certifieringssystem för bioenergi & biodrivmedel

För närvarande pågår arbetet med att ta fram en ny ISO-standard (ISO/PC 248 Sustainability criteria for bioenergy) för att säkra bioenergins hållbarhet vad gäller miljö, ekonomi och sociala konsekvenser (Olaru Verouhis, SIS, intervju, 2010). Vad som ska ingå i dessa tre aspekter är för närvarande (januari, 2011) under diskussion. Hållbarhetskriterierna enligt ISO kommer att gälla all bioenergi, och miljö generellt blir en viktig aspekt. Angående miljöaspekterna har man, än så länge, kommit fram till att lägga förslag för kriterier och indikatorer för: växthusgasutsläpp, vatten, mark, luft, biodiversitet, förnybarhet, energi och mineralbehov i produktionen, avfallshantering, förbättringsarbete och effektivitet i bruket. Det är dock ännu inte klart om alla dessa kommer att ingå i förslaget som ska presenteras för omröstning.

Berndes m.fl. (2009) har genomfört ett projekt vars övergripande mål var att ge underlag för att driva på etableringen av ett (certifierings)system inom EU (och på sikt globalt) för bevakning av socioekonomiska och miljömässiga effekter av biobränsle. En av slutsatserna från projektet var att man bör tillämpa kunskapen från redan etablerade certifieringssystem från jordbrukssidan i utvecklandet av certifieringssystem för bioenergi och biodrivmedel.

Berndes m.fl. (2009) beskriver de initiativ som hittills har genomförts avseende standardiserade system med avseende på socioekonomiska och miljömässiga effekter av biobränsleproduktion och handel. För närvarande pågår en mängd sådana initiativ, men en global harmonisering av systemen saknas och Berndes m.fl. (2009) bedömer att denna process troligtvis kommer att ta lång tid. Detta beror på att det finns en mängd olika aspekter att ta hänsyn till, och att dessa aspekter samverkar på ett komplex sätt. Huertas-Bernal (2009) har genomfört ett examensarbete i syfte att undersöka vilka faktorer som är viktiga att beakta i certifieringen av biobränslen baserat på en fallstudie om bioetanol i Brasilien. I studien jämfördes fem olika standardinitiativ, och tre aspekter identifierades som var gemensamma för alla fem initiativ: i) uppfyllande av lagen, ii) nivån på växhusgasbesparingen, och iii) arbetsvillkor & mänskliga rättigheter. Berndes m.fl. (2009) drar slutsatsen att dessa aspekter troligtvis kommer att ingå i ett globalt certifieringssystem för bioenergi. Ytterligare aspekter som ingick i standardiseringsinitiativen om bioetanol i Brasilien var landrättigheter, biodiversitet och påverkan på mark, vatten och luft (Huertas Bernal, 2009; Huertas Bernal m.fl., 2009, manuskript).

6.4.3 Standardisering kring hållbarhetskriterier för biobränslen

Inom det europeiska standardiseringsorganet European Committee for Standardization (CEN) pågår arbete med standardisering av hållbarhetskriterier (CEN/TC 383). Standardiseringen avser både flytande och fasta biobränslen. Tidplanen är satt till 2012, men behöver troligen förlängas (Olaru Verouhis, intervju)

Det sker en koppling till EU-direktivet om förnybar energi och intentionen är att standarden ska ge stöd för tolkningen av förnybarhetsdirektivets skrivningar om hållbarhetskriterier. Emellertid har EU-kommissionen inte givit mandat att standarden ska användas som tolkning. CEN ser det dock som mycket viktigt med

samarbete och utbyte så att det inte blir två olika tolkningar, men detta sker på frivilligt basis från CEN.

Det är ytterst väsentligt att Sverige deltar i standardiseringsarbetet kring hållbarhetskriterier eftersom det finns frågor som kan påverka bedömningen av de svenska biobränslena (främst skogsbränslen). Olaru Verouhis (intervju) påpekar att den svenska standardiseringsgruppen har mycket bra kompetens och fungerar mycket bra. Det är en viktig anledning till att Sverige kunnat driva igenom och efter mycket arbete få igenom viktiga svenska frågor. Utöver frågor som rör bedömningen av de boreala skogarna har en annan viktig svensk fråga rört situationen för små skogs- och markägare som kan få höga kostnader för att uppfylla beräkningskrav för hållbarhetskriterier. Olaru Verouhis (intervju)

6.4.4 Databaser för biomassabränslen och askor

Sverige Lantbruksuniversitet (SLU) har medverkat i utveckling, utbildning och standardisering av en europeisk databas för biomassabränslen och askor (Erik Karltun, SLU, intervju). Projektet resulterade i en offentlig web-baserad databas, PHYDADES, över biobränslen och deras askor (www.phydades.info) som ger kunskaper om olika biobränslens och askors egenskaper och innehåll.

Databasen är en vidareutveckling av en tidigare databas (PHILLIS) och har kompletterats med askor (vilket saknades i PHILLIS), samt utgår från CEN-standard-screening (en Biobränsleanalysstandard). ECN (Centre for Energy Research and Development) i Nederländerna ansvarar för att upprätthålla databasen.

En nackdel med databasen är att asksammansättningen från askor specifikt kopplat till en viss typ av biobränsle för närvarande saknas (Karltun, intervju). Nu finns data från specifika förbränningsanläggningar, men det saknas kunskap om vad som brändes för att bilda askan. Askan kan bestå av en mix av biobränslen, allt från kokosskal till olivkärnor. http://woodash.slu.seen del av data som finns i Woodash databasen (kanske 1/6) finns även i PHYDADES.

Utöver EU-databasen PHYDADES har SLU tagit fram en svensk databas, Woodash, (http://woodash.slu.se) som innehåller fler Svenska askprov än de som finns tillgängliga i EU-databasen. Ungefär 1/6 av den data som finns i Woodash databasen finns även i PHYDADES. Dessutom finns sedan 2005 databasen ALLASKA (tillgänglig via www.askprogrammet.com) som utvecklats av Ångpanneföreningen på uppdrag av Värmeforsk. Denna askdatabas är dock mer inriktad på användningen av askor i allmänhet, det vill säga i byggmaterial och vägbyggen.

Strategisk betydelse av databaser för biobränslen och askor

Tidigare var det svårt att tillgodogöra sig tillförlitliga data om kvalité och sammansättning av biobränsle och biobränsleaska via internet, vilket kan vara ett hinder både när det gäller handel med biobränslen och hantering av aska. Aktörer, både biomassaproducenter och konsumenter, har behov av oberoende, standardiserade analysmetoder för både biobränslen och aska. Erik Karltun (intervju) ger ett flertal exempel på hur databasen PHYDADES kan användas:

1. I handel med biobränsle på den internationella marknaden.
2. Myndigheter kan ha användning av databasen för att kontrollera import av askor.
3. Forskare kan tillgodogöra sig data från databasen för att få grundinformation.
4. Analyslaboratorier kan tillämpa databasen för att få referensvärden för labanalyser att förhålla sig till.
5. Förbränningsanläggningar kan jämföra askkvalité.

I framtiden kan databasen även komma att spela en viktig roll inom utsläppshandeln, eftersom biomassa används i bränsleblandningar med fossila bränslen som omfattas av utsläppshandelssystemet.

6.4.5 Standarder för referensmetoder för mätning av kemiska parametrar

Haraldsson (intervju, 2010) deltar i standardiseringsarbete kring kemiska parametrar hos fasta biobränslen (CEN TC 335-WG5). Projektet benämns ibland Bionorm II. Arbetet omfattar att ta fram standarder för referensmetoder för mätning av kemiska parametrar såsom huvudkomponenter, tungmetaller, klor och svavel. Gränsvärden för dessa parametrar sätts inte upp i denna standard, utan den rör endast mätteknik. Däremot sätts gränsvärden upp inom andra standarder om bränslekvalitet. Haraldsson menar att det finns ett betydande forskningsbehov vad gäller mätteknik för olika parametrar och det är stora skillnader i vad man tycker från olika länder.

Haraldsson menar att det är strategiskt viktigt för Sverige att delta i standardiseringsarbete kring mättekniker av kemiska parametrar främst av två skäl. För det första ur handelssynpunkt, eftersom en fungerande handel kräver standarder. För att handel med biobränslen ska fungera måste det finnas gemensamt överenskommen mätteknik. För det andra på grund av miljökrav/lagstiftning eftersom det är otroligt viktig att kunna verifiera att ”med denna mätteknik så vet man att man hamnar inom rätt intervall”.

Haraldsson bedömer att Sverige får stort gehör för sina åsikter och att kunskapen om den svenska kompetensen är välkänd inom området mätteknik.

7 Kunskapsluckor

Den forskning som bedrivits i Energimyndighetens regi har genererat resultat inom en rad områden kopplade till påverkan från uttag av biobränslen och även till system och policyfrågor kopplade till användning och tillgång. Utifrån den genomförda forskningen, kunskapssammanställningen i kapitel 6 samt skeenden i samhällsutvecklingen har vi kunnat identifiera en rad kunskapsluckor. Presentationen nedan följer samma teman som användes för kunskapssammanställningen.

7.1 Miljöeffekter, kolbalanser, lustgas

Helhetsgrepp kring miljövinster och miljöpåverkan vid uttag, produktion och användning av biobränslen: Många empiriska studier har tittat på individuella miljökonsekvenser, men de har inte satts i relation till övriga miljöeffekter och aspekter som exempelvis den producerade bränslemängden. Det finns behov av fler systemstudier som väger samman klimatvinster från den producerade bioenergin med övriga potentiellt negativa och positiva miljöeffekter. Likaså finns behov av en beskrivning av konflikter och möjliga synergier mellan olika samhälls- och miljömål.

Helhetsgrepp kring klimatprestanda för biobränslen och biodrivmedel: Ett flertal studier har studerat klimatprestanda för olika typer av biobränslen. Det finns dock behov av fler studier som analyserar klimatprestanda för biobränslen utifrån ett helhetsperspektiv där samtliga parametrar som påverkar klimatprestanda inkluderas. Dessa studier bör även inkludera om och hur resultaten kan översättas i generella emissionsfaktorer. I och med troliga kommande hållbarhetskriterier för fasta bränslen ökar också behovet av hållbarhetskriterieberäkningar för olika biobränslen som används i Sverige, se vidare nedan.

Miljö- och klimatprestanda samt hållbarhetskriterier för flytande och fasta biobränslen: Det finns behov av ytterligare livscykelanalyser och totala växthusgasbalanser för en mängd olika biobränslen (fasta och flytande) som produceras från olika råvaror med olika produktionssätt. Vilka bränslen gynnas av EU:s befintliga och troliga kommande hållbarhetskriterier och tvärtom? Metoder för, jämförelser av och sammanställning av hållbarhetskriterieberäkningar för olika bränslen behövs också. En mycket viktig fråga gäller om och hur hållbarhetskriteriearbetet kan översättas i mer praktisk tillämpning, t.ex. genom utarbetande av riktlinjer för vad som krävs för att uppfylla hållbarhetskriterierna. Vidare finns behov att analysera hur svenska fasta biobränslen förhåller sig till de troliga kommande hållbarhetskriterierna för fasta biobränslen. Det är möjligt att den svenska produktionen lever upp till kraven stipulerade i kommande hållbarhetskriterier för fasta bränslen, men det finns samtidigt stora osäkerheter om så är fallet och vilka risker det kan innebära. Motsvarande gäller också generellt kring hur miljöbedömningar kan översättas till riktlinjer. Slutligen finns ett behov av att Sverige även fortsättningsvis deltar internationellt i debatten om biobränslens klimat-

prestanda, standardiserings- och certifieringsarbete samt i ökad utsträckning arbetar med omvärldsanalys. Det senare är inte främst forskningsfrågor, men ändå mycket viktigt att lyfta upp i detta sammanhang.

Omrörningseffektens inverkan på växthusgasbalanser: Mer forskning behövs kring hur växthusgasbalanser påverkas av omrörningseffekter och körskador i skogsmarken vid uttag av skogsbränsle som t.ex. stubbar. Ju mer skogsbränslen som tas ut ju mer ökar risken för körskador och därmed oönskade omrörningseffekter. Det finns ett behov av metoder för att uppskatta omrörningseffektens betydelse, exempelvis metoder för omräkning av resultat från kortsiktiga försök till långsiktiga effekter. För detta krävs arbete med att analysera och kombinera kort- och långsiktiga försök. Även kunskap om tekniska åtgärder för att minska effekten av markomrörningseffekten saknas idag. När omrörningseffekten är bättre undersökt skulle detta kunna resultera i rekommendationer gällande typ av skördeteknik för att minimera de negativa effekterna av markomrörningen på växthusgaserna.

Bättre uppskattning av kolbalanser vid förändrad markanvändning: Det finns behov att bättre kunna uppskatta hur kolbalanser påverkas av förändrad markanvändning. För detta krävs att uppskalning av kolbalanser anpassas efter regionala förhållanden. Vid drastiska omställningar, exempelvis ändrad markanvändning från skog till åker, eller från åker till skog, påverkas nedbrytningshastigheten av kol i sig. Detta kallas ”priming” och är identifierat som fenomen, men förståelsen för hur det fungerar saknas. Vidare finns behov av mer kunskap kring hur kolets kretslopp kopplar till kvävets kretslopp.

Markanvändningsförändringar och albedo: Det är känt att albedoförändringar på grund av förändrad markanvändning vid bioenergietableringar har betydelse för nettoklimatnyttan. Med albedo avses jordytans förmåga att reflektera ljus. Skog har i allmänhet lågt albedo medan kal mark har högre albedo. Ett högt albedo kan innebära en sänkning av temperaturen[23]. Betydelsen av förändrat albedo och effekten av detta är dock inte känd, och därför är det sällsynt att beakta detta vid markanvändningsförändringar. Här finns behov av fortsatt forskning, exempelvis systemstudier där albedoeffekten sätts in i bedömningar av olika biobränslens klimateffekter.

Lustgas – mätningar för svenska emissionsfaktorer: För att kunna beräkna rättvisande emissionsfaktorer för lustgas från svenska jordar finns ett betydande behov av publicerade data och mätningar för svenska förhållanden, samt fortsatt utveckling av modeller som kan bedöma risken för lustgasbildning under olika förhållanden. Emissionsfaktorer behövs för olika typer av biobränslen, såväl från skog som från åker. Det finns idag en osäkerhet bland annat kring lustgasavgång från svensk jordbruksmark och idag används därför IPCC:s rekommenderade schablonvärden.

Mätningarna behöver avse kombinationer av olika parametrar som jordtyp, grödor, skötselregimer och liknande på ett enhetligt och heltäckande sätt. Det behövs mätningar på lättare jordar, som sandjordar. I dessa områden kan man förvänta sig

[23] Det är därför issmältning i Arktis är en mycket viktig fråga i klimatdiskussionerna.

en vårtopp av lustgas. Mätningar på sandjord kan göras med befintlig utrustning då nuvarande mätningar i skogsekosystem i norra Sverige har avslutats. Därutöver behövs mätningar i lövträdsekosystem för validering av t.ex. Coup-modellen. Hittills har de flesta studier utförts i barrskogsområden. Ett projekt i en *Salix*-odling startade under 2010.

Lustgasbildning vid olika förhållanden: Även om ytterligare forskning kring dikad mark behövs så har en del luckor tätats igen med nuvarande forskning. Däremot skulle studier av lustgasbildning i utströmningszonerna behöva initieras. Hur fungerar kväveomsättningen där? Hur mycket lustgas produceras? Vid avverkning av skog kan det uppstå ett läckage av kväve som skulle kunna omvandlas till lustgas i utströmningszonen. En annan fråga som återstår att besvara är hur stor del av lustgasavgången som beror på historiska odlingsåtgärder och tidigare tillförsel av gödsel. Under hur lång tid framöver kan man förvänta sig att lustgasavgången påverkas av olika åtgärder i jordbruket och i intensivgödslad skogsmark?

Forskning som mäter och beräknar emissioner över hela växtföljder och över flera omloppstider i skogsmark är av vikt för att vi ska kunna förstå hur systemen hanterar en eventuell ackumulering av kväve, som på sikt kan ge ökande lustgasavgång. En annan relevant fråga är hur stor del av skogens och åkerns lustgas som ska tillskrivas bioenergin respektive övrigt skogs- och jordbruk.

Tidsaspektens betydelse för biobränslens klimatprestanda: Hur hanteringen av tidsaspekten påverkar klimatprestanda för olika biobränslen är en fråga som ökat i fokus. Hur klimatprestandan hanteras beror också på om bestånds- eller landskapsperspektiv tillämpas. Sett ur ett beståndsperspektiv tar det en omloppstid att balansera ut de emissioner som sker vid förbränning förutsatt att hela träden används för förbränning. Vid användning av GROT sker utjämningen betydligt fortare eller på ca 20 år. Sett till ett helt skogslandskap är det möjligt att upprätthålla ett skogsförråd och samtidigt skörda biomassa sett ur klimatsynpunkt. Dessa två synsätt är också i behov av ytterligare forskningsinsatser. En annan fråga gäller hur systemgränser och referensscenario ska väljas, vilket starkt påverkar klimatprestandan. En ytterligare fråga rör hur indirekta effekter kan fångas upp, t.ex. när tidigare jordbruksmark utnyttjas för bränsleproduktion med indirekta effekter såsom att andra ytor görs om till odlingsmark. Ett område som också kan behöva undersökas är hur en potentiell klimatpåverkan orsakad av tidsaspekten kan översättas och inkluderas i emissionsfaktorn för ett biobränsle samt vilka konsekvenser detta kan få. I det långa loppet krävs ett standardiserat sätt att behandla tidsaspekten vid beräkning av växthusgasbalanser av biobränslen. Det krävs transparens vid val av tidsperspektiv och referensscenarier för att göra det möjligt att jämföra olika studier på biobränslen.

Konsekvenser för bioenergisystem av klimatförändringar: Bioenergisystem kommer att påverkas av klimatförändringar, vilket kan ske i hela kedjan från odling via uttag, förädling och omvandling till nyttig energi. Exempel på effekter är produktionsförändringar, stormfällning, kvalitetsförändringar, ändrad tjälförekomst som påverkar möjligheten att komma fram med skogsmaskiner utan körskador i skogen och ökad/minskad förekomst av skadedjur. Klimatförändringarnas påverkan har studerats, men då främst endast en del i kedjan. Det

finns behov av forskning som tar ett helhetsgrepp kring hur klimatförändringar kan påverka framtida bioenergisystem. Det omfattar även studier av hur kolbalansen påverkas av ett förändrat klimat.

Ekosystems funktioner på landskapsnivå: Mycket forskning sker på bestånd. Utmaningar finns i att se på hur miljökvalitetsmål och miljöhänsyn fungerar på landskapsnivå. Ekosystem, biodiversitet och miljöpåverkan är inte enbart avgränsade till de lokala bestånden utan är starkt påverkade av sin omgivning. Kunskapen kring påverkan och resiliens avseende ekosystemens möjligheter att hantera förändringar blir således beroende av förutsättningarna i bestånd i omgivningen. Det finns ett behov av studier som lyfter analyser och betraktelser en nivå.

7.2 System, scenarier och handel

Bioenergiscenarier: Det finns ett fortsatt behov av scenarier, men de bör utvidgas till att vara mer långsiktiga, i högre utsträckning omfatta implementering av olika styrmedel och hur det kan påverka biobränsleanvändningen för olika ändamål. Dessutom bör scenarier även omfatta vägen fram till slutmålet. Hur kan vi nå ett önskvärt mål? Exempel på relevanta områden:

- Hur påverkar utveckling av andra energitekniker (exempelvis vindkraft, solenergi, elöverföring) bioenergianvändningen?,
- Hur påverkas bioenergianvändningen av olika ambition avseende effektivisering. Som exempel kan nämnas att en hög ambition vad gäller effektivisering av primärenergianvändningen innebär att omvandlingskedjor med hög effektivitet gynnas (både för biomassa- och andra primära energiresurser). Detta skulle möjligen kunna missgynna biodrivmedel åtminstone av två skäl. För det första är effektiviteten är högre i omvandlingen av biomassa till el och värme än till biodrivmedel. För det andra är effektiviteten högre om fossila bränslen används än om biodrivmedel används. Skulle detta kunna påverka hur länder väljer att genomföra målet om 10 % förnybara drivmedel? Skulle det kunna innebära att biodrivmedel importeras i större utsträckning eller att satsningar görs främst på andra typer av biodrivmedel eller på elbilar? En tänkbar studie kring detta bör involvera olika möjliga scenarier och analysera dessa.
- Hur påverkar implementering av olika mål och policies var biobränslen används och hur effektivt resursutnyttjandet blir? Hur förändras primärenergianvändningen om Sveriges mål om 50 % förnybar energi uppfylls enligt Energimyndighetens temarapport. Hur förändras fördelningen mellan fossil- och förnybar primärenergi?
- Vidare finns ett stort behov av scenarier som omfattar internationell utveckling och dess påverkan på efterfrågan och prisbildning av svenska biobränslen. Exempelvis, vad kan implementeringen av RED i Europa innebära för efterfrågan på svensk biomassa och därmed miljöpåverkan och ekonomiskt värde?

Systemstudier för beslutsunderlag: Det finns behov av systemstudier som tittar både på kort och på lång sikt och beaktar dynamiken i energianvändning och energitillförsel. Exempel på forskningsområden:

- Effektiv el- och biodrivmedelsproduktion kräver att det finns avsättning för värmen. Hur påverkar en minskning av värmebehovet utvecklingen av bioenergianvändning till kraftvärme och möjligheterna för lönsamma bioenergikombinat för biodrivmedelstillverkning?
- Studier som omfattar och analyserar nytta både ur långsiktigt och kortsiktiga perspektiv behövs för att skapa långsiktigt gångbara beslutsunderlag. Det finns ett behov av att lära sig hantera hur olika processer och mål påverkar möjligheten att uppnå mål på kort och lång sikt. Ett exempel är fallet med E85 där mycket av diskussionen baseras på den kortsiktiga klimatnyttan, samtidigt som erfarenheterna från denna introduktion är enormt viktiga för att långsiktigt kunna få stora klimatnyttor.
- En utmaning inför framtiden är att hantera det faktum att mycket av de producerade biobränslena finns på platser där brukarna inte finns. Detta innebär bland annat att transport kommer behövas. Det öppnar även för frågor som rör till vad biomassan används och varifrån den kommer. Hur kommer efterfrågan på biobränslen från andra länder att påverka i Sverige? Hur kommer vårt behov av bränsle skapa påverkan i andra delar av världen?
- En ytterligare viktig forskningsfråga är ekonomiska analyser som tar hänsyn till sysselsättning vid olika användning av biomassa.

Bioenergipotentialer: Bedömningar av bioenergipotentialer på lång sikt. Potentialer kan förändras över tid som en följd av att förutsättningarna ändras. Effektiv skogs- och naturvård skulle kunna gå hand i hand med effektivare skogsbruk och i och med det skulle potentialerna ändras. Antagligen ligger detta olika i tiden, i ett mer kortsiktigt perspektiv är frågor kopplade till allmän hänsyn, regleringar och stödsystem avgörande.

Regionala bioenergikombinat: Regional energisamverkan mellan t.ex. industrier och energiföretag kan vara ett effektivt sätt att minska primärenergianvändningen och samtidigt optimera output av produkter och energibärare. Biokombinat, eller med det engelska begreppet biorefineries, kan vara del av en större regional samverkan kring produktion och nyttjande av bioresurser. Det behövs mer forskning kring hur biokombinat (med biomassa som en komponent) kan bildas för att effektivisera primärenergianvändningen och maximera nyttan, till exempel genom att nyttja värme från andra bioenergiprocesser.

Vad är hållbarhet? Arbetet med förståelse av hållbarhet är inte klart. Det skulle behövas en ökad samsyn kring vad som faktiskt inryms i hållbart biobränsleuttag och -produktion. Miljökvalitetsmålen är ett av de verktyg som används för att hantera och operationalisera hänsyn till miljövärden. Dessa mål är kommunice-

rande kärl och kan inte ses i enskildhet. Samtidigt kanske det skulle kunna finnas motiv att hantera dem i någon prioriteringsordning, något som inte finns idag.

Metoder för avvägning mellan miljömål (även kopplad till ovanstående punkt om systemanalyser): Metoder behöver utvecklas för hur avvägning kan göras mellan olika miljömål och policies. Användning av biomassa för energiändamål är förknippat med potentiella målkonflikter, men även synergier. Hur avvägning ska göras mellan miljömål och hur konflikterna och synergierna kan ”illustreras” för att underlätta avvägningen är viktigt bland annat för beslutsfattare och för utformning av lämpliga styrmedel. Viktigt att både konflikter och synergier mellan olika samhälls- och miljömål tas i beaktande.

Bioenergimarknader och –handel: Hur kommer konkurrens om skogsbioråvara mellan pappers- och massaindustrin å ena sidan och energiföretagen på den andra att påverka möjligheterna att använda lignocellulosa i bioenergikombinat? Mycket viktigt är också hur en mer global biobränslemarknad påverkar konkurrensen om mark för olika ändamål. Det krävs mer forskning på hur biobränsleindustrin kan skapa en väl fungerande handel utan miljömässigt och socialt negativa effekter. Hur kommer implementeringen av RED att påverka efterfrågan på svenska biobränslen? Hur kan utvecklingen av fungerande internationella bioenergimarknader påverkas av implementeringen av RED? Vad krävs för fungerande biobränslehandel, t.ex. i form av certifiering? Bioenergiföretagandet, hur får man igång det, exempelvis hur traditionella jordbrukare eller skogsbrukare kan bli bioenergiproducenter eller förädlare? Hur kan man bygga upp en ny sektor så snabbt som nu behövs?

Styrmedel: Konsekvensanalyser av implementering av olika styrmedel i systemperspektiv där konsekvenser för både skogs- och åkerbränslen omfattas. Exempelvis, vad kan implementeringen av RED i Europa innebära för efterfrågan på svensk biomassa och därmed miljöpåverkan och ekonomiskt värde (se även under ”Bioenergiscenarier” ovan)? Dessutom bör scenarier även omfatta vägen fram till slutmålet. Hur kan vi nå ett önskvärt mål? Exempelvis, hur kan man stimulera produktionen av energigrödor? Utveckling av styrmedel för att kunna uppnå önskade mål, exempelvis om hög energieffektivitet och låg miljö- och klimatpåverkan. Hur kan styrmedel utvecklas för att hjälpa till att utstaka vägen mot önskade scenarier och på ett sätt som minimerar målkonflikter (kopplar till punkten om ”Bioenergiscenarier” ovan).

Bioenergiföretagande: Det behövs studier kring hur en fungerande biobränslemarknad kan byggas upp med avseende på bioenergiföretagandet. En del av bioenergiverksamheten sköts redan av mindre företag, t.ex. biogasproducenter i form av kooperativ, skogsbrukare som leverantörer av skogsbaserade bränslen osv.

7.3 Biodrivmedel

Andra generationens biodrivmedel – potentialer, teknik, systemanalys: Det saknas kvantifiering av potentialer för andra generationens biodrivmedel (cellulosabaserad etanol och drivmedel från förgasning av biomassa) på kort och lång sikt. Utvecklingen beror framförallt på förutsättningen för de energikombinat där

de mesta av produktionen antas ske. Produktion av andra generationens biodrivmedel genererar vanligtvis värme. Potentialen blir därmed beroende av hur värmeunderlaget utvecklas (det finns tekniker för första generationens biodrivmedel som kräver värme). Det saknas systemanalyser av detta slag som kvantifierar hur olika antaganden om framtida värmeunderlag påverkar möjligheten för andra generationens biodrivmedel att bidra till att uppfylla visioner om fossilbränslefri fordonsflotta, eller förslag om nya effektiva systemlösningar.

Utöver detta saknas till stor del uppgifter om vilka råvaror som passar bäst för de nya tänkbara teknikerna. Systemanalyserna bör också ta hänsyn till hur marknaden för träbaserade drivmedel påverkas av EU:s hållbarhetskriterier.

Hur kan systemstudier och livscykelanalyser av biodrivmedel omsättas i verklighet? Ett flertal analyser har gjorts av energibalanser och livscykelutsläpp från olika biodrivmedelskedjor. Hur kan dessa resultat nu omsättas till praktisk handling så att effektivast möjliga biodrivmedelskedjor utvecklas inklusive de systemåtgärder som är nödvändiga för att uppnå hög effektivitet och klimatnytta?

Praktiskt genomförande av certifiering av biodrivmedel: Hur utformas ett certifieringssystem för biodrivmedel? Det finns en rad frågor som måste lösas för att praktiskt kunna genomföra en certifiering, exempelvis hur en certifiering kan verifieras av en oberoende part, kan ha bindande krav, kan behandla inhemska och utländska aktörer lika och även involvera små aktörer. Vidare måste certifieringsarbetet ägna mer uppmärksamhet åt hur man kan underlätta för små aktörer som skulle kunna missgynnas av kostnader för certifiering. Några möjliga alternativ kan vara samgående i kooperativ eller att små aktörer får enklare regler och lägre krav.

Övriga frågor: Se även ovan under kunskapsluckor om System, scenarier och handel och specifikt kunskapsluckor kring systemstudier och energiscenarier. Se också ovan under kunskapsluckor kring Miljöpåverkan, kolbalanser och lustgas.

7.4 Standardisering

Strategiskt viktigt att Sverige deltar i standardiseringsarbete: Det kan konstateras att det finns ett stort mervärde av att Sverige även fortsättningsvis deltar aktivt i standardiseringsarbete kring biobränslen. Sverige har ett stort kunnande och en lång erfarenhet av forskning kring bioenergi, skogsekosystem och miljöfrågor kopplade till skogsbruk. Sverige har därmed viktiga erfarenheter att bidra med i processerna kring internationella standardiseringsarbeten på området. Ett högaktuellt område är hållbarhetskriterier där det är av stor vikt att Sverige fortsätter att ha en aktiv roll för att säkerställa att svenska biobränslen behandlas rättvist.

8 Syntes

I detta avsnitt diskuteras resultaten presenterade i kunskapssammanställningen i ett vidare energi- och miljöpolitiskt sammanhang. Det innebär bland annat att utifrån kunskapssammanställningen sätta kunskapen i ett samhälleligt perspektiv och dra strategiska slutsatser utifrån en uppsatt målbild.

Syntesen är uppdelad i de fyra områdena Miljöpåverkan, kolbalanser & klimatpåverkan, System, scenarier och handel, Biodrivmedel och Standardisering & certifiering. Syntesen är ett underlag för aktörer i samhället för deras ställningstagande om inriktning och omfattning på forskning, styrmedel etc. inom bioenergiområdet. Eventuella målkonflikter belyses och ett antal slutsatser utifrån kunskapssammanställningen identifieras.

Av de tre synteser på genomförts inom ramen för Bränsleprogrammet har föreliggande syntes ett något annorlunda angreppssätt då den förhåller sig till en mängd olika bränslen, användningsområden och sektorer. Syntesen knyter också an till de två andra synteserna, särskilt syntesen om skog där flera områden tangeras.

8.1 Målbild

Den målbild som definierats i projektet baseras på den förenklade beskrivningen av Energimyndighetens arbete med biobränslen, det vill säga:

mer, bättre och billigare biobränslen producerade under hållbara former och med hänsyn tagen till sammanvägda klimateffekter

Denna målbild är att betrakta som ett långsiktigt processmål och är inte knuten till ett specifikt årtal då målet skall vara nått. De mål som ingår i RED är däremot beslutade mål och utgör en anhalt för framtida verksamheter. Dock kommer implementeringen av direktivet att innebära påverkan på biobränslemarknaden.

Målbilden är inte statisk utan utgörs av en rad variabler som är dynamiska, exempelvis kunskapsbildning i en given stund kring vad som är hållbart, och vad som avses med ”hänsyn” kopplat till klimat. Detta gäller även för vad som skall tolkas som bättre, då detta skall ses i relation till annan resurs. Just denna dynamik visar på vikten av forskning och generering av ny kunskap inom fältet, men även en lyhördhet avseende att vad som uppfattas ligga i linje med målbilden, kan behöva justeras i och med att ny kunskap och erfarenhet ackumuleras.

Målbildens ”hållbarhetsdimension” kan kopplas till de svenska miljökvalitetsmålen men hållbarhetsbegreppet inkluderar ytterligare aspekter som inte täcks in av miljökvalitetsmålen, såsom människors och samhällens tillgång till skogsmark och rekreationsområden, arbetstillfällen, landsbygdsutveckling och annan markanvändning. Här kommer en betydligt svårare bedömning in som tangerar frågan om förvaltning av gemensamma resurser.

8.2 Kunskapssammanställning speglad i målbild

I denna rapport har kunskapssammanställningen organiserats i de fyra områdena Miljöpåverkan, kolbalanser & klimatpåverkan, System, scenarier och handel, Biodrivmedel och Standardisering och certifiering enligt Figur 16.

Figur 16: Översikt över kunskapssammanställningen

I figuren har ett antal punkter lagts in kopplade till varje fält. Dessa punkter är kopplade till kunskapssammanställningen och utgör grund för diskussionen. En rad av dessa aspekter kan tangera fler områden. Detta gäller till exempel biodrivmedel och bioenergisystem. Kopplingar mellan de olika områdena finns.

8.2.1 Miljöpåverkan, kolbalanser och klimatpåverkan

Forskning om miljöpåverkan, kolbalanser & klimatpåverkan har pågått sedan länge. Idag är mycket av forskningen nära knuten till klimatfrågan och biobränslenas roll för att uppnå åtaganden om minskning av växthusgasutsläpp.

De projekt som legat till grund för kunskapssammanställningen i denna syntesrapport har stort fokus mot klimatfrågan. Miljöfrågor berörs främst inom ramen för syntesen om Skog (se de Jong m.fl., 2011). Av detta skäl är syntesen nedan främst inriktad mot klimatområdet.

Miljöpåverkan

Uttag av bioenergi från skogen ställer krav på väl fungerande system så att de negativa konsekvenserna kan regleras och minimeras. Detta är ett grundläggande krav och kopplas till målbildens dimension av både *bättre* och *hållbart*. Det finns en pågående debatt kring skogens tillstånd och hur den svenska skogslagstiftningen fungerar i praktiken avseende hänsynstagande till miljö- och naturvärden.

Miljökonsekvenserna av ett ökat biomassauttag från skogen i form av GROT och stubbar är komplexa och effekterna från en eller flera skogsbruksåtgärder kan förstärka eller motverka varandra. Detta berörs mer ingående i syntesen om Skog (de Jong m.fl., 2011). Exempelvis kan uttaget av GROT substituera fossila bränslen, samtidigt som det generellt kan leda till att kollagret i marken minskar. Denna minskning i kollager ska dock ställas mot de gynnsamma och betydande substitutionseffekter som blir resultatet när biomassa ersätter fossila alternativ. I bedömningen av den mest rationella användningen av biomassaresurserna bör således storleken på dessa motverkande effekter undersökas.

Indirekta effekter av GROT-uttag omfattar en minskad risk för kväveutlakning eftersom man för bort mer kväve från systemet. Många av de empiriska försöken är kortsiktiga men forskningen om miljöeffekter av GROT-uttag har pågått under en längre tid, och långtidsförsök finns att tillgå för utvärdering av miljöeffekterna. Om gödsling tillämpas för att öka skogsproduktionen kan detta medföra att kväveutlakningen ökar vilket i sin tur kan leda till ökad övergödning. Gödsling kan, om den kunskap som finns inom området följs, medföra endast ytterst små effekter på utlakningen. Vanligtvis överväger de gynnsamma effekterna av både gödsling och markberedning de negativa effekterna.

På senare år har även projekt som belyser stubbtäktens konsekvenser för biodiversitet, mark, vatten och kolbalanser pågått. Miljöeffekter av skogsbränsleuttag behandlas omfattande i den parallella syntesen om Skog (de Jong m.fl., 2011). Det framgår där att det finns en viss potential för ökat stubbuttag utan större negativa miljöeffekter. För mer information hänvisas till de Jong m.fl. (2011).

Många av de empiriska studierna har tittat på individuella miljökonsekvenser, men de har inte satts i relation till övriga miljöeffekter och aspekter som exempelvis den producerade bränslemängden. Studier om kol- och energibalanser för att utvärdera energieffektiviteten i relation till miljökonsekvenser av ett ökat biomassauttag efterfrågas från beslutsfattare för att utvärdera effekten av olika skogsbränslesystem. Det finns några exempel på studier som har kopplat ett större helhetsgrepp för att sammanställa miljövinsterna från den producerade bioenergin (e.g. Hellsten m.fl., 2007, Lindholm, m.fl., 2010a & 2010b, Belyazid m.fl., 2010).

I den parallella syntesen om Skog (de Jong m.fl., 2011) värderas konsekvenserna av skogsbränsleuttag i förhållande till de nationella miljömålen. I arbetet har en analys gjorts av hur miljökvalitetsmålen påverkas av olika uttagsintensiteter av skogsbränsle. I syntesen konstateras att det finns goda möjligheter till ökat uttag av framförallt GROT, men även stubbar i begränsad omfattning (granstubbar) utan negativa konsekvenser på miljökvalitetsmålen. Vissa indirekta klimateffekter kan trots allt förekomma genom omrörningseffekter. En sådan utveckling förutsät-

ter, vilket författarna vidare beskriver, att näringsbalanser och naturvårdshänsyn kan säkerställas. Näringsbalanserna kan i viss mån kompenseras för genom askåterföring och andra typer av näringskompensation, och naturvårdshänsynen kopplas till skogsbrukets generella hänsyn. Det kan dock idag konstateras att askåterföring i praktiken endast realiseras i mycket begränsad omfattning. För att nå målbilden är det troligen nödvändigt att öka återföringen av aska särskilt till viss skogsmark.

Beroende på uttagsintensitet kan skogsbränslepotentialen öka betydligt. I den parallella syntesen om Skog (de Jong m.fl., 2011) framgår att uttaget av skogsbränslen kan öka till 22 TWh (jämfört med dagens 14 TWh) utan negativ påverkan på något av miljökvalitetsmålen. Detta är under förutsättning att 60 % GROT tas ut på bestånds- och landskapsnivå samt att 30% stubbar tas ut på beståndsnivå och 10% på landskapsnivå. Vidare förutsätts att rekommenderad naturhänsyn tas i det övriga skogsbruket, och att aska återförs där så behövs.

Frågorna som rör regleringar av det svenska skogsbruket och hur miljöhänsynstagande i praktiken fungerar är inte en fråga primärt för Energimyndigheten. Dock kopplas denna fråga i avseende till målbilden om *mer* biobränslen samt till produktionen inom ramen för *hållbarhet* och uppfyllande av miljökvalitetsmålen. Frågorna griper över fler sektorer och målkonflikter kan uppstå.

Klimat – generellt

Biobränslens klimatprestanda beror av flera olika faktorer:

- Effektivitet i hela kedjan (verkningsgrad, förluster, hjälpenergi m.m.)
- Eventuella förändringar av kolbalanser i mark vid uttag av biomassa
- Eventuella utsläpp av lustgas och metan (kan uppstå vid förbränningen, lustgas kan dessutom uppstå vid odlingen och gödselframställning)
- Tidsaspekten - om och hur hänsyn tas till skillnaden i tid avseende utsläpp och upptag

Utöver dessa punkter så påverkas den totala klimatnyttan förstås också av vilket bränsle som biobränslet ersätter och för vilket ändamål.

Det är av största vikt att hänsyn tas till hela kedjan från resurs till tillgodogjord nytta då analysen av klimatnytta görs. Flera studier har försökt att ta ett helhetsgrepp och vidga perspektiven. Frågor som alltmer, vid sidan om klimatfrågan förs fram är ett större helhetstänkande i fråga om att i analyserna även inkludera andra effekter (ekosystemtjänster, vattentillgång och så vidare). Bland kunskapsluckorna efterfrågas också studier med ett större helhetstänkande och ett vidare perspektiv. Detta kan innebära att ställa olika miljöfrågor mot varandra, vilket kan skapa målkonflikter – ett annat viktigt område som identifierats som kunskapslucka.

I efterföljande avsnitt diskuteras den kunskap som beskrivs i kunskapssammanställningen ur ett strategiskt perspektiv.

I ett val mellan att låta den stående biomassan fungera som kolsänka eller att odla biomassa för bioenergi är det viktigt att veta vad som ger störst klimatnytta och vilka biobränslen som då kan komma ifråga, samt hur stora produktionspotentialerna är i förhållande till behoven. En slutsats från kunskapssammanställningen är att klimateffekterna av både stubbar och GROT för energiändamål är att föredra jämfört med fossila alternativ när hänsyn tas till insatsenergi och utsläpp av klimatgaser på lång sikt. När i tiden utsläpp och upptag sker (tidsaspekten hos biobränslen) är en av flera delar i en väl fungerande biobränslekedja. Kunskapen om så kallade snabba och långsamma biobränslen behöver kompletteras med övriga förutsättningar som till exempel potential, utbredningsområden, skötselkrav och slutanvändningsområden. I detta sammanhang ska tilläggas att bränsle från skogen, om de uppkommer i och med andra åtgärder som till exempel avverkning, inte medför några markanvändningsförändringar i betydelsen att mer mark tas i anspråk. I det långa loppet krävs ett standardiserat sätt att behandla tidsaspekten vid beräkning av växthusgasbalanser av biobränslen. Det krävs transparens vid val av tidsperspektiv för att göra det möjligt att jämföra olika studier på biobränslen.

Klimat – effektiva bränslekedjor

Hög effektivitet i hela kedjan från bioråvara till slutlig nyttig energi (i form av exempelvis transportarbete eller uppvärmning av bostad) är förstås viktigt för biobränslens klimatprestanda. Två bränslekedjor som i övrigt är varandra lika och där bränslet används för samma ändamål, men där verkningsgraden i omvandlingsledet är olika har förstås olika klimatprestanda. Dålig effektivitet i en del av en kedja innebär att hög effektivitet i andra delar av kedjan inte kommer till sin rätt.

Av kunskapssammanställningen framgår att hjälpenergibehovet är 2-5% för svensk GROT (se avsnitt 6.2.1 baserat på Lindholm m.fl, 2010a och 2010b samt Berg m.fl., 2010). Berg m.fl. (2010) visar vidare att hjälpenergibehovet för stubbar är ca 4% medan gallringsvirke endast kräver 2% hjälpenergi. I forskningsprogrammet Effektivare Skogsbränslesystem som administreras av Skogforsk pågår forskning och utveckling av hela skogssystem för effektivare uttag, vilket omsatt i praktik kan bidra till att minska hjälpenergibehovet ytterligare.

Effektivitet i hela kedjan kräver förstås också högeffektiva omvandlingsprocesser såsom pannor och fordonsmotorer. Forskning och utveckling kring detta har inte ingått i denna syntes, men behandlas delvis i den parallella syntesen om förädling och åkerbränslen (Gustavsson och Rönnbäck, 2011).

Klimat – kolbalanser och markanvändning

Markanvändningsförändringar i samband med bioenergiproduktion kan leda till både direkta och indirekta effekter på växthusgasutsläpp (Berndes, 2010a). **Direkta effekter** omfattar markanvändningsförändringar på platsen där bioenergin odlas, och omfattar exempelvis förändringar i kollagren. Kollagren kan öka (som vid etableringen av energiskog på kolfattiga marker), eller minska (då skog avverkas för odling av energigrödor). **Indirekta effekter** omfattar markanvändningsförändringar som sker någon annanstans än på platsen där bioenergin odlas, men

som är en konsekvens av odlingen t.ex. då betesmarker flyttas p.g.a. energiskogsodling vilket leder till att skog avverkas för att skapa nya betesmarker. Betydelsen av de indirekta effekterna för biobränslenas klimatnytta är omstridd och de resultat som finns varierar kraftigt. Det finns därför anledning att förhålla sig till detta när markanvändningens betydelse värderas.

I Sverige har de ökade uttagen av biobränslen från skogen inte inneburit att ny mark har tagits i anspråk, snarast har det varit ett tillvaratagande av en resurs som tidigare inte varit intressant att använda. I andra delar av världen ses dock en expansion av den totala markytan som används för produktion av biobränslen. Denna expansion sker i områden med skog, lantbruksområden och i områden med ej brukad mark. I syfte att reglera så att värdefulla naturresurser i form av till exempel biodiversitet inte förloras skapas regleringar avseende mark i en rad institutioner runt om i världen. I bland annat Förnybarhetsdirektivet (RED) finns kriterier som syftar till att reglera så att biobränslen skall härstamma från mark som inte varit skyddad eller burit hög biodiversitet. Dessa krav anges i Förnybarhetsdirektivets hållbarhetskriterier. Idag gäller kriterierna endast flytande biobränslen och biodrivmedel, men diskussioner pågår om att även inkludera fasta biobränslen.

Flera studier har gjorts för att kvantifiera kolförrådet i skogs- och jordbruksmark med varierande förutsättningar som till exempel förändrade markanvändningsformer och uttag av olika sortiment (GROT, stubbar etc.). Eftersom skogen står för huvuddelen av den svenska bioenergin är det viktigt att studera hur olika skötselmetoder och uttag påverkar kolbalanserna och skogens roll som kolsänka och hur kolbalanserna inklusive flöden av andra växthusgaser förändras vid olika tekniker eller skördeintensiteter.

Det finns främst två olika metoder för beräkning av kolbalanser (medelkolförråd eller lagerförändring[24]). Dessa ger olika resultat eftersom den beräknade klimatnyttan beror på hur kollagerförändringen fördelas på skörden. Lagerförändringsmetoden kan vidare ge helt olika resultat beroende på om man anser att upptaget av kol i biomassa skett före eller efter förbränningen. Det är alltså väsentligt att ange vilka förutsättningar och antaganden som ligger bakom olika beräkningar samt att tydligt ange vad ett resultat visar och inte visar. Annars blir resultaten svåra att användbara som policyunderlag. Det behövs ytterligare studier över hur viktiga och betydelsefulla effekterna från markanvändningsförändringarna är.

Av de projekt som ingått i kunskapssammanställningen tyder resultat från Ågren m.fl. (2009), Lindholm m.fl. (2010b) och Börjesson (2008c) att ett ökat uttag av avverkningsrester från skogen (GROT och stubbar) påverkar kolbalansen negativt, d.v.s. att markkolet minskar. Ur ett koldioxidperspektiv är brukad skog bättre än obrukad skog (naturskog). Kolförråden i en obrukad skog är högre sett ur ett landskapsperspektiv eftersom tidsperioden med låg trädbiomassa efter avverkning

[24] De två metoderna jämför skillnaden i kolförråd mellan ett uttagsscenario och ett scenario där GROT och stubbar inte tas ut. Metoderna skiljer sig dock på det sätt som jämförelsen görs. Medelkolförrådsmetoden jämför medelvärdet i kolförråd för uttagsfallet samt referensfallet under hela omloppstiden. I metoden med lagerförändring jämförs istället skillnaden i kolförråd mellan referens- och uttagsfall vid en viss tidpunkt, t ex efter en hel omloppstid.

inte förekommer (Ågren m.fl., 2009). Brukad skog å andra sidan tar upp mer koldioxid i genomsnitt och bidrar med biomassa som kan reducera användandet av fossila bränslen.

Skogsresursen kan ur klimatsynpunkt ses som en kolsänka eller en resurs ur vilket biomassa för energiändamål utvinns för att uppnå substitutionseffekter av olika slag. Hur skogen brukas, hur mycket biomassa som tas ut och på vilket sätt detta görs är avgörande för skogens klimatstrategiska betydelse. Markberedning kan öka nedbrytningshastigheten och därmed minska kolförrådet. Samtidigt leder markberedning till bättre beståndsetablering och ökad tillväxt och därmed också ökad kolsänka.

Däremot kan avverkningsresterna i sin tur användas till att reducera användandet av fossila bränslen, vilket ger en klimatnytta som i de allra flesta fall betydligt överträffar dessa negativa effekter. För att klimatnyttan ska bli så stor som möjligt är det förstås viktigt med systemperspektiv där effektivitet i hela kedjan prioriteras. Användandet av fossila bränslen leder till att fossilt kol släpps ut i atmosfären, medan användandet av skogsbränslen istället leder till en tidigareläggning av utsläpp som ändå skulle ha skett.

Klimat - lustgas

Forskningen kring lustgasemissioner spänner över studier kring påverkan av gödsel, var och hur odling av bioenergigrödor och av skog ska ske för att undvika lustgasutsläpp samt uppskattning av emissionsfaktorer för svenska förhållanden. Det finns ingen samlad forskning kring vilken total påverkan olika sektorer har (skog, jordbruk etc.).

För åkergrödor som odlas för att framställa bioenergigrödor härstammar lustgasavgången främst från kvävegödslingen och varierar alltså från gröda till gröda beroende på gödslingsintensitet men även på jordens beskaffenhet. Då jordbruket successivt rationaliseras och avkastningskraven hela tiden ökar är det möjligt att gödslingen kommer att öka, med tänkbar ökad lustgasavgång. Samtidigt varierar gödslingsintensiteten beroende på gödselpriser och vilken gröda som odlas. Ett alltmer rationellt jordbruk leder också successivt till att kväveförlusterna uppvisar en sjunkande trend över tid.

Lustgasavgången från skogsmark är mindre eftersom markerna är mindre bördiga och gödsling används endast i begränsad omfattning. I skogsmark är också kväve tydligt tillväxtbegränsande vilket gör att tillfört kväve snabbt absorberas av växtligheten. Baserat på den kunskap som framkommit i Bränsleprogrammet kan det konstateras att lustgasavgången från svensk skogsmark är av mindre betydelse om hänsyn tas till den förhållandevis stora inbindningen av koldioxid som kontinuerligt sker i den växande biomassan.

Klimat – tidsaspekter

En diskussion som förs i dagsläget är frågan om klimatprestanda för så kallade långsamma och snabba biobränslen. Skillnaden mellan dessa är hur snabbt bränslets klimatnytta tillgodogörs. Vid hållbara uttag regenereras biomassa och det är

därför som nettoutsläppet av koldioxid från förbränning av biobränslen brukar sättas till noll. Tiden det tar för kolet som finns bundet i biomassan att åter bindas efter förbränning varierar dock. De långsamma biobränslena, typiskt från boreal skog, ger inte samma snabba effekter på upptag av växthusgaser som biobränslen med korta rotationstider. Det är framförallt då förändrade brukningsmönster och brytande av ny mark som dessa effekter förekommer. Det kan även innebära det motsatta, om etableringar av skogsbruk sker på mark där inte biomassa står idag, kommer det ske ett nettoupptag av kol tills avverkning/skörd sker.

Det finns alltså en kol-dimension även vid förbränning av biobränslen som är en del av biobränslens klimatprestanda. Den totala klimatprestandan måste dock vägas mot de alternativa bränslen som kan komma ifråga, vanligtvis fossila bränslen eller kanske ett annat biobränsle med sämre klimatprestanda.

En sammanvägd bedömning av dagens kunskap kring snabba och långsamma biobränslen är att biobränslen generellt sett, både från jordbruks- och skogsmark, är bättre än fossila bränslen. Energigrödor har allmänt snabbare klimatnytta än skogsbränslen. Bränslen som är ur klimathänseende sämre än fossila alternativ bör naturligtvis undvikas och de som är effektiva på både kort- och lång sikt bör prioriteras. Däremot är det farligt att enbart se till nyttan på mycket kort sikt eftersom det kan innebära att man fastnar i alternativ som på längre sikt ger lägre klimatnytta.

8.2.2 System, scenarier och handel

Forskningen inom området System, scenarier och handel berör bland annat hjälpenergi för skogs- och åkerbränslesystem, systemanalyser av olika slag, energiscenarier och biobränslehandel. Vad gäller hjälpenergi för skogs- och åkerbränslen så diskuteras detta istället under avsnitt 8.2.1 ovan för att ge en helhetsbild av biobränslens klimatprestanda. Nedan diskuteras övriga resultat i kunskapssammanställningen utifrån ett strategiskt perspektiv.

Skogbränslen

Lindholm m.fl. (2010a & 2010b) har visat att skogsbränslen kräver låg insatsenergi i förhållande till fossila bränslen, och även i förhållande till jordbruksgrödor. Även om det finns potential för ytterligare effektivisering av skogsbränslesystemen med avseende på energibalanserna, så bör man även väga in andra aspekter och titta på möjligheterna att förbättra kostnadsläget, bränslekvalitet, miljö osv.

Stubbar diskuteras alltmer som potentiell källa till ökat uttag av biobränsle från skogen. Även om stubbar idag inte används i särskilt stor utsträckning så visar vissa bedömningar på en stor potential[25]. En anpassning av systemen för uttag och transport av stubbar har redan skett i och med att avverkningsrester har blivit yt-

[25] Gode m.fl. (2010) har analyserat olika potentialstudier för stubbar. Analysen visar på mycket stor spridning i bedömningarna från 0-100 TWh på lång sikt (2050). Nollbedömningen är gjord av WWF Sverige (2009), som menar att stubbuttag inte kan ske med tillräcklig miljöhänsyn. De höga siffrorna är extrapolerade uppskattningar gjorda av Gode m.fl. (2010) utifrån Skogsstyrelsens data.

terligare ett viktigt sortiment utöver virket. Skörd, insamling, transport och sedermera förädling av biobränslen från skogen måste planeras och optimeras för att biomassan ska kunna användas på bästa möjliga sätt, vilket i dagsläget ett hinder för ökad användning av vissa biobränslen (som stubbar), även om utvecklingen går åt rätt håll.

Åkerbränslen

Studierna på åkermark innefattar möjlig utbredning och expansionstakt, arealbehov, mål och styrmedel för produktion samt odlings- och produktionskostnader. Det har gjorts en hel del studier kring produktionspotential, användningsområde och ekonomisk potential och en detaljerad genomgång och syntes presenteras i Gustavsson och Rönnbäck (2011).

Berndes m.fl. (2008) har studerat produktionskostnader för olika åkerbränslen. Studien visar att totala kostnaden per energienhet biomassa är lägre för energiskog jämfört med jordbruksgrödor. Produktionskostnaden för jordbruksgrödor uppskattades vara dubbelt så stor räknat per MWh i jämförelse med energigrödor såsom salix. För energiskog är det odlingssteget som står för största kostnaden. Den ekonomiska, och kanske speciellt den samhällsekonomiska aspekten, är intressant då biobränslen för olika ändamål analyseras. Biobränsleproduktion bidra till arbetstillfällen och försörjningsmöjligheter på landsbygden. Kostnader och intäkter skiljer sig åt, men även behov av infrastruktur som transport- och förädlingsmöjligheter.

Biobränslen för olika ändamål – generellt

Bioenergi kan användas för många olika ändamål. En rad studier har genomförts för att just undersöka hur effektiviteten varierar och hur man skall använda resursen på bästa sätt i relation till samhällets behov och mål. Behov och/eller mål som studerats är exempelvis mål om minskat oljeberoende, mål om minskade växthusgasutsläpp samt behov av effektiv användning av odlingsarealer.

En stor utmaning är att styra mot ändamål och användningsområden för respektive råvara och bränsle som ger de största nyttorna. Inte sällan förekommer dock trade offs mellan olika mål, dvs. att en tillämpning av biobränslen inte ger optimal effekt på samtliga de mål som studeras. Det finns således tydliga svårigheter med att analysera var i energisystemet biobränslen gör störst nytta och värderingar mellan mål kan behöva göras. Det saknas idag forskning kring målkonflikter och hur dessa kan hanteras. Däremot ger systemstudierna bra underlag som beslutsfattare kan använda för att själva göra bedömningen av hur biobränslen kan användas för att uppnå ett visst mål.

Biobränslen för olika ändamål – exempel

Joelsson och Gustavsson (2010) har studerat hur biobränslen kan bidra till att minska oljeanvändning samt växthusgasutsläpp, vilket presenteras i kunskapssammanställningen. Som exempel kan nämnas att användning av svartlut från massabruk jämförts. Studien visar att om målet är att ersätta olja så bör svartlut från massabruk användas för att producera DME som ersätter olja till transport-

sektorn. Om målet istället är att minska växthusgasutsläppen så ska svartluten istället användas för att producera el och ersätta kolkondens på marginalen.

I avvägningen mellan olika användningsområden för biomassa har till biobränslen för elgenerering studerats och miljönyttan med att använda el till transporter (Berndes m.fl., 2008). Det finns andra aspekter än möjlig klimatnytta som talar för en ökad elbilsanvändning. En viktig faktor är att de lokala utsläppen blir mycket små. Flexibiliteten i primärenergitillförseln till elproduktionen är en annan viktig aspekt. Eldriften är enligt Börjesson m.fl (2008) en möjlighet att i framtiden använda stora mängder sol, vind och vatten som primärenergikällor. Elbilar möjliggör en slags lagring av el genom att laddning kan ske nattetid då elbehovet i övrigt är relativt lågt. Elbilar och laddhybrider är med stor sannolikhet en stor möjlighet på personbilssidan medan biodrivmedel kommer att vara nödvändig för den vägbaserade tunga trafiken. Samtidigt finns infrastrukturella restriktioner för vissa alternativ, till exempel kan en utbyggnad av laddstationer ta längre tid att åstadkomma än att använda biodrivmedel och därmed ha möjlighet att utnyttja befintliga system för fossila drivmedel.

Ibland kan det finnas egenvärden i att använda biobränslen för ett ändamål även om systemstudier visar att bränslet mer effektivt kan användas för något annat. Ofta är just detta svårt att analysera kvantitativt. Ett exempel är den svenska E85-satsningen som ofta kritiseras för att ha givit låg klimatnytta. En mycket viktig strategi med E85-satsningen är dock själva lärandet. Sverige ligger tack vare satsningen mycket bra till internationellt sett och vi har lärt oss enormt mycket som vi har nytta av på länge sikt. Sådana aspekter kan vara svårt att kvantifiera i systemstudier. Däremot finns det mer eller mindre effektiva etanolprocesser och givetvis bör satsningar göras för att öka effektiviteten ytterligare. Bland annat är det angeläget att framtidens anläggningar i så stor utsträckning som möjligt integreras med andra processer.

Biobränslen för olika ändamål – slutsatser

Även om resultaten från olika studier inte är entydiga om var biobränslen gör störst nytta så kan det konstateras att några åtgärder generellt är viktiga. Det gäller exempelvis att alltid sträva efter högeffektiva bränslekedjor, att samproduktion (exempelvis kraftvärme eller energikombinat) ger högre totalverkningsgrad och att utfasningen av olja och direktverkande el bör fortsätta.

Som nämnts är samproduktion att föredra då detta ger en hög totalverkningsgrad och vanligen förhållandevis låga utsläpp av växthusgaser. När olika samproduktion, exempelvis energikombinat och alternativa användningar av biprodukter, tas med i systemstudier blir bedömningarna betydligt mer avancerade att utföra. Förutom en förändring av klimatnyttan måste studien ta hänsyn till den samtida utvecklingen av flera produkter med bland annat varierande betalningsförmåga över tid. Fördelningar (allokeringar) mellan olika produkter och energibärare blir också nödvändiga vilket inte alltid är självklart hur det ska göras. Bara för kraftvärme finns ett tiotal olika metoder.

En annan aspekt när det gäller högeffektiv användning av bioenergiresurser är utvecklingen av värmeunderlaget. Avsättning för värmen är väsentligt för att

åstadkomma högeffektiva bioenergikedjor (exempelvis för produktion av el och biodrivmedel). Energieffektiviseringen av bebyggelsen kommer att minska behovet av värme. Det nya EU-direktivet för energiprestanda i byggnader ska implementeras i Sverige vilket skärpta regler för energianvändningen i nybyggnationer men även för ombyggnationer. Klimatförändringar bidrar ytterligare till minskat värmebehov. Detta kommer att innebära minskar underlag för att producera kraftvärmeel. Kraftvärmen har en mycket central roll i det svenska bränslebaserade energisystemet och möjliggör högeffektiv produktion av el och värme. Effektiviteten är dock beroende av avsättningen för värmen. Det finns alltså även här en trade-off mellan energieffektivisering och högeffektiv elproduktion som är mycket svår att värdera.

Olika sektorer kan ha olika prioriteringar av olika energislag (el inom industrin, biodrivmedel för vägtrafiken). Hur produktionsanläggningarna lokaliseras är också viktigt att ta hänsyn till då det ger möjlighet att utnyttja regionala värmebehov, avsättning för spillvärme etc. Möjligheterna till handel med biomassa och biobränsle förväntas öka i framtiden vilket också ökar möjligheterna att använda bioenergin där den bäst behövs. Inom policyområdet behövs studier kring hur biomassan kan ge bäst nytta för samhället, men detta kommer att inbegripa värdering av olika mål mot varandra.

Marknadsaspekter – generellt

Skogen, som utgör basen och merparten av den resurs för bioenergi som används i Sverige, kommer troligen att bli än viktigare i framtiden som bioenergikälla och den internationella handeln kommer att öka. Ökad handel kommer också att förändra konkurrensen om biomassan dels om olika bränslesortiment och dels mellan olika sektorer.

Marknadsaspekter – konkurrens om biomassa

I takt med att marknaden expanderar och mer biomassa efterfrågas för att uppnå energi- och klimatmål, kan konkurrensen om biomassan öka för olika ändamål och mellan olika sektorer. Särskilt kan konkurrens uppstå mellan transportsektorn, energisektorn och skogsindustrin. På många sätt finns idag synergier mellan dessa sektorer som innebär högre effektivitet än vad som annars hade varit fallet (exempelvis utnyttjas skogsindustrins returlutar och andra biprodukter för energiomvandling).

Idag finns inte någon större konkurrens mellan biomassa för transporter eller för andra ändamål eftersom de biodrivmedel som idag används dels produceras från andra sortiment (främst från jordbruket) och dels importeras i hög grad. När andra generationens biodrivmedel finns kommersiellt tillgängliga kan situationen dock förändras. En ökad konkurrens kan på många sätt vara gynnsam då det ger incitament till klimateffektiviseringar i olika led och att marknadskrafterna bidrar till att fördela biomassaresurserna på ett rationellt sätt. Fortsatt och/eller ökad samverkan mellan bland andra skogs-, energi- och transportsektorn kan bidra till hög systemeffektivitet och dessutom till att biomassan kan utnyttjas mer lokalt vilket innebär lägre transportkostnader.

Marknadsaspekter – handel med biobränsle

En motsats till lokal användning som starkt påverkar konkurrensen är hur den internationella handeln med biobränslen kommer att utvecklas. Bara på några år har handeln blivit alltmer internationell och det är troligt att denna utveckling kommer att fortsätta. Det innebär att både tillförsel av biobränslen till Sverige och efterfrågan på svenska biobränslen kommer att förändras. Här är det också angeläget att utarbeta strategier för hur mer biomassa ska kunna mobiliseras genom att analysera hur uthålliga uttag ser ut i olika naturmiljöer och geografiska områden.

En ökad internationell handel ställer krav på gemensamma system för handel och överenskommelser hur biobränslens klimatprestanda ska värderas och kvantifieras. Detta innebär också att internationella avtal inte endast behöver omfatta klimatfrågan utan också andra effekter som bioenergin kan medföra, till exempel försurningsfrågor, näringsfrågor och biodiversitetsfrågor om biobränslena skall betraktas som hållbara. Eftersom biobränslemarknaden består av en mängd aktörer både på produktionssidan och användarsidan med varierande behov, utgångspunkter och resurser krävs en bredare förståelse kring hur olika åtgärder och skötselmetoder påverkar biobränslenas klimatprestanda.

Studier inom Bränsleprogrammet har visat på betydelsen av ett samspel mellan de industrier som nu konkurrerar om biomassaråvaran för en fungerande bioenergimarknad. Sverige har, internationellt sett, en stor råvarubas för bioenergi som i takt med att handeln och efterfrågan utvecklas i Sveriges närhet kommer att spela en allt mer betydelsefull roll. Om målen inom EU för förnybar energi ska realiseras är det knappast tänkbart att det sker utan en utökad handel mellan länderna. En ökad handel är även en förutsättning om användningen av skogsbaserad biomassa ska kunna öka på ett kostnadseffektivt och samhällsekonomiskt rationellt sätt. Även om Sverige kan verifiera att inhemskt producerade biobränslen är hållbara behövs också system för att säkerställa att importerad biomassa också är det. I skenet av detta blir frågan om den inhemska biobränsleförsörjningen aktuell och hur handeln kommer att utveckla sig.

I takt med att större volymer efterfrågas i Europa och med tanke på Sveriges stora biomassatillgångar uppstår en diskussion om landets framtida tillgång och efterfrågan på biobränslen. En stark internationell efterfrågan öppnar upp för exportmöjligheter, men även farhågor om att de svenska resurserna kommer att köpas upp av internationella aktörer med en stark betalningsförmåga. De sortiment som i första hand är aktuella är olika former av förädlade biobränslen med hög energitäthet men en starkare efterfrågan kommer också att driva efterfrågan mot andra sortiment och bränslekvaliteter som till exempel flis.

Infrastruktur är nödvändigt för att kunna distribuera och göra biobränslen tillgängliga för konsumenter. En frågeställning avseende detta är hur den redan existerande infrastrukturen för fossila bränslen kan anpassas till biobränslen. Exempel finns redan på detta och paralleller kan dras mellan tankfartyg och de fraktbåtar som fraktar till exempel bränslepellets. En långsiktig utfasning av de fossila alternativen kan dra nytta av att en övergång sker där infrastrukturen för fossila bränslen successivt anpassas till olika typer av biobränslen. Biobränslen är känsligare

för långtidslagring än de fossila bränslena men i och med att handeln utvecklas är det troligt att vi får se lagringsterminaler för biobränslen som en naturlig del av den biobränslebaserade infrastrukturen. Detsamma gäller för flytande biobränslen och olika typer av biodrivmedel.

8.2.3 Biodrivmedel

Transportsektorn är den sektor i Sverige som är mest beroende av fossila energikällor och inom denna sektor kommer mer förnybara bränslen behöva föras in. En inhemsk produktion av biodrivmedel är önskvärd för att säkra tillgång och för att lära inför framtiden men samtidigt är denna marknad tydligt global.

Potentialen för biodrivmedel

Det finns idag en mängd biodrivmedel att tillgå som var och en har olika ursprung och tillverkningstekniker. För biodrivmedel från jordbruksgrödor som exempelvis etanol sätts potentialen i mångt och mycket av grödornas möjliga utbredningsområde och möjlighet till avsättning av biprodukterna. Miljöbilssatsningarna och satsningarna på etanol har etablerat en infrastruktur för framförallt E85, understödd av bidrag och andra typer av incitament. I ett vidare perspektiv har studier om effektivitet för olika biodrivmedel, exempelvis klimat- eller areaeffektivitet, en viktig roll att spela när det gäller att bedöma om ett biodrivmedel är uthålligt eller ej från klimat- eller miljösynpunkt.

En annan, men minst lika viktig fråga är hur samhällets möjligheter och restriktioner möjliggör en framgångsrik etablering av ett visst drivmedel. Som exempel kan tas biogas som är förhållandevis enkelt att integrera med till exempel reningsanläggningar. Biogas betraktas många gånger som ett fördelaktigt bränsle ur miljö- och klimatsynpunkt i och med att biprodukter och olika typer av avfall kan användas för produktionen. Riskerna för konkurrens med matproduktion eller miljöeffekterna från odlingssteget är därmed små. Samtidigt kräver biogas en helt annan typ av distributionssystem som rent samhällsekonomiskt och tekniskt kan vara mer problematisk att etablera. Olika biodrivmedel har redan idag hittat sin nisch (biogas används i kollektivtrafiken, etanol för person- och tjänstebilstrafiken) och det är troligt att denna diversifiering kommer att fortsätta där olika bränslen passar bättre på vissa marknader. Utvecklingen av infrastruktur är viktig för att säkerställa tankningsmöjligheter för biogas så att det fossila hjälpbränslet behövs i så liten utsträckning som möjligt.

För cellulosabaserade drivmedel beror utvecklingen framförallt på förutsättningen för energikombinat där den mesta av produktionen antas ske, till exempel massabruk med kombinerad svartlutsförgasning. Eftersom skalfördelar ger den bästa ekonomin och totalverkningsgraden för sådana anläggningar är förhållandevis hög bör det helst finnas ett stort värmeunderlag, exempelvis ett befintligt fjärrvärmesystem. Värmeunderlaget är därför en begränsande faktor för andra generationens biodrivmedel. Som beskrivits ovan visar studier på minskat värmeunderlag, vilket kan påverka framtida totalverkningsgrad för energikombinat.

Biodrivmedel är på sätt och vis än mer i behov av att integreras i de befintliga strukturerna för fossila bränslen i och med att de etablerade biodrivmedlen är äg-

nade att fungera ihop med teknik avsedd för fossila bränslen. Detta ställer högre krav på att biodrivmedelskvaliteten överensstämmer och är kompatibel med motsvarande kvaliteter och teknik för fossila drivmedel, för att suboptimeringar ska undvikas. Standarderna måste också harmoniseras med bränslekvalitetsstandarder för fossila drivmedel.

Biodrivmedlens miljö- och klimatprestanda

Faktorer som påverkar klimatprestanda för olika biobränslen – fasta som flytande och gasformiga – har beskrivits ovan (se avsnitt 8.2.1).

Livscykelanalyser, uppskattningar av drivmedlens areaeffektivitet och betydelsen av olika allokeringsmetoder har studerats i flera projekt. En stor andel av den forskning som utförs utanför och inom ramen för Bränsleprogrammet grundar sig på olika typer av livscykelanalyser där klimatnyttan eller energieffektiviteten beräknas. Resultat från systemstudier av olika bränslekedjor påverkas starkt av vilka metodval och ansatser som görs. Studierna utgår ibland från olika metodval och ansatser vilket påverkar jämförbarheten. Det arbete som sker inom standardisering och certifiering inkluderar ofta metodbeskrivningar hur dessa miljöprestanda skall värderas. I valen mellan olika biodrivmedel är denna typ av studier mycket relevanta och kan tjäna som utgångspunkter för hur styrmedel ska utformas och vilka biodrivmedel som är bäst ur klimat- och hållbarhetssynpunkt. Det är dock viktigt att noga ange och förstå vilka metodval som ligger bakom beräkningarna så att beslut fattas på korrekta underlag. Innan slutsatser dras olika biodrivmedels effektivitet behöver därför analyser göras på redan befintlig forskning.

I Energimyndighetens scenario för år 2020 konstateras bland annat att biodrivmedel måste produceras i ökande utsträckning ur cellulosabaserade råvaror med högt utbyte och god energieffektivitet, till exempel i form av kombinatanläggningar.

8.2.4 Standardisering och certifiering

Standardiseringsarbete är ett led i effektivare handel och marknad för många produkter och tjänster, utvecklade standarder kan till och med sägas vara en indikator för en mogen marknad. Fördelen med standarder är att det finns ett gemensamt dokument och definitioner som berörda parter respekterar och accepterar är exempelvis att alla inblandade kan tala samma ”språk”, vilket är en förutsättning för en effektiv marknad. Det är ofta en fördel att vara med tidigt i standardiseringsarbetet då möjligheten ökar att tidigt kunna forma produkter och tjänster samt för att anpassa sina instrument, apparater m.m. till den kommande standarden.

På EU-nivå pågår arbetet med att standardisera och säkerställa hållbarheten på biobränslen bland annat genom operationaliseringen av hållbarhetskriterierna i RED för flytande biobränslen, samt i det pågående arbetet att eventuellt införa liknande krav för fasta biobränslen. Vidare utarbetas standarder både på EU-nivå genom CEN och globalt inom ISO. Det är angeläget att forskningsinitiativ tas för att utvärdera effekterna av kommande hållbarhetskriterier på fasta biobränslen, och hur dessa ur ett svenskt perspektiv skulle fungera på lång sikt.

En övergripande fråga i detta sammanhang är hur sådana system ska kunna ta hänsyn till olika länders varierande förutsättningar i form av tillgängliga biomassaresurser och hållbara uttag. Det ska också tilläggas att samtidigt som ett sådant övergripande system etableras pågår arbeten med olika nationella och regionala initiativ kopplat till biomassa och hållbarhet. Det är möjligt, men inte säkert, att nationella initiativ och hållbarhetssystem kan användas i detta sammanhang. När marknaden för biomassa växer kommer det med all sannolikhet att ske en harmonisering som medför att utbudet av olika standarder blir mindre diversifierad. Samtidigt finns en rad redan existerande initiativ inom området för certifiering av biobränslen. Här kan nämnas Roundtable of Sustainable Biofuels (RSB), Roundtable of Sustainable Palm Oil (RSPO), samt i avseende på odling och förvaltning av sockerrör Better Sugar Cane Initiative (Bonsucro, tidigare var förkortningen BSI) och skogar Forest Stewardship Council (FSC). För dessa initiativ kan standarder fungera som stöd när det gäller att hantera och underlätta kravställande samt hur informationen om miljöprestandan kanaliseras vidare i produktkedjan och i slutändan till konsument. I upphandlingar ställs allt oftare krav kopplade till miljö, och klimatprestanda både i Sverige och inom EU.

Certifieringssystem kan således vara ett verktyg för att bidra till att kunna följa upp och säkerställa att produktionen av importerade biobränslen (till Sverige) sker på ett miljömässigt och socioekonomiskt acceptabelt vis (hållbart). Samtidigt är det viktigt att certifieringssystemen inte innebär en för hög belastning för företagen så att det hämmar handel och möjlighet för konsumenter att få tillgång till produkterna. Vidare bör en väl fungerande handel inte innebära att vissa företag gynnas framför andra. Tillämpandet av alltför omfattande kontrollapparat kan medföra att ”små aktörer” inte får någon möjlighet att uppfylla kraven i certifieringssystemet. Svårigheten ligger i avvägningen mellan ”omfattande kriterielistor” (i relation till miljömässiga och socioekonomiska hänsyn) och behovet av en bred förankring bland aktörerna.

9 Slutsatser

Biobränslen är idag ett medel för att nå en rad samhälleliga mål. Forskningen på området tar tid och det är centralt att det finns en framförhållning så att kunskap finns då frågeställningar hos företag, politiker och andra aktörer dyker upp. Kunskap skapar förutsättningar för att påverka och göra välgrundade beslut. I denna syntes har ett antal områden lyfts där det finns behov av ny kunskapsbildning.

Utifrån kunskapsluckorna kan ett antal forskningsområden lyftas ut som kan väntas få en större betydelse för att långsiktigt uppnå målbilden. Forskningen har än så länge främst inriktats på specifika miljö- och klimateffekter på beståndsnivå och därför finns behov av studier som tar ett helhetsgrepp och inbegriper både markanvändningsfrågor, kolbalanser och tidsaspekter m.m. även på landskaps- och samhällsnivå.

Ett annat område där forskningen inom Bränsleprogrammet inte varit omfattande är utarbetande av scenarier utifrån olika förutsättningar. Hur biobränslemarknaden kommer att utvecklas givet kommande hållbarhetskrav på biobränslen är ett område, likaså hur konkurrens och prisbildningsfaktorer påverkar. Potentiella målkonflikter behöver belysas mer noggrant för att miljö- och samhällsmål inte motverkar varandra och för att implementerade styrmedel som till exempel Förnybarhetsdirektivet på lång sikt ska få önskad verkan utan att göra avkall på andra mål.

En långsiktig framgångsrik utveckling av bioenergin behöver också inbegripa analyser av hur infrastrukturen behöver utvecklas för att satsningar på till exempel biodrivmedel ska få önskad genomslagskraft. I mångt och mycket handlar det om att genom behovsanalyser marknadsanpassa satsningarna på bioenergin. Detta gör att resurser kan användas för de bränslen och sektorer där ett högt resursutnyttjande och en hög effektivitet kan förväntas och därmed svara på frågan om var i energisystemet respektive biobränsle gör störst nytta.

Den analys som genomförts i denna rapport är baserad på resultat från ett urval av projekt. Dessa projekt har representerat ett urval av projekt som finansierats inom ramen för Energimyndighetens Bränsleprogram 2007-2010 samt ytterligare något projekt med tydlig koppling till temat. Forskningsfrågor kopplade till olika aspekter av biobränsleproduktion och användning spänner över ett brett fält och Energimyndigheten är inte den enda finansiären för detta. Att arbeta strategisk med att hantera målkonflikter var ett av de områden som togs upp specifikt i biobränsleprogrammet 2007-2010 men av de resultat att döma som analyserats så finns mycket kvar att göra i avseende på hantering av målkonflikter och att arbeta systematiskt för att skapa samsyn och framåtblickande vägar avseende detta. Författarna tror att en rad mer tvärvetenskapliga projekt kan komma att behövas i framtiden i syfte att tackla de komplexa teman som berörs av uttag och användande av biobränslen. I de projekt som analyserats inom ramen för denna studie är merparten naturvetenskapliga, ett fåtal har en ekonomisk ansats, men få har en mer tydlig samhällsvetenskaplig ansats.

Vidare finns aspekten av kunskapsöverföring. Det har nu pågått forskning inom fältet för bioenergi under en lång rad år. Mycket resultat har ackumulerats inom en rad forskningsområden. Det ligger en utmaning i att få dessa att tas upp och integreras i policy- och marknadsutveckling. Detta innebär att forskning får en påverkan på den målbild som diskuterats, där just kunskapsläge är avgörande för hur man strategiskt skall arbeta med att realisera målbilden. Det är inte klart utifrån denna studie i vilken utsträckning sådan kunskapsöverföring sker. I sammanhanget kunskapsöverföring kan även noteras att många av projekten som studerats tangerar varandras områden. Det finns fog att se över att och hur kunskapsöverföring mellan projekt inom samma forskningsprogram sker. Det finns med stor säkerhet många synergieffekter kring att nyttja varandras expertis.

I maj 2011 presenterades de tre nya bränsleprogrammen Tillförsel, Omvandling och Hållbarhet som kommer att följa det program som nu genomförts. De forskare som tar vid kommer att kunna dra nytta av en rad erfarenheter och lärdomar som ackumulerats inom ramen för det föregående programmet.

10 Referenser

Ahlgren, S., m.fl. 2009. Utsläpp av växthusgaser vid odling av grödor för biodrivmedel samt produktion av biogas från gödsel - tillämpning av Europaparlamentets och rådets direktiv om främjandet av användningen av energi från förnybara energikällor. Dnr. SLU ua 12-4067/08.

Akselsson, C., Westling, O., Alveteg, M., Thelin, G., Fransson, A-M. and Hellsten, S. 2008. The influence of N load and harvest intensity on the risk of P limitation in Swedish forest soils. Science of the Total Environment, Volume 404, Issues 2-3, 15 October 2008, Pages 284-289.

Anon. 2010. LCA- Renewable Energy Directive - Investigation of how the outcome of a LCA study change when the method proposed in the Renewable Energy Directive (2009/28/EC) is used compared to when a custom method that is applied for most LCA's today is used. Ecotraffic ERD3 AB

Belhaj, M., Jonasson, L., Paulrud, S., Brännlund, R. & Holmgren, K. 2010. Mål och styrmedel för produktion av energigrödor från jordbruket, IVL Rapport B1925.

Belyazid, S., 2006. Dynamic modelling of biogeochemical processes in forest ecosystems. Doktorsavhandling, Avdelningen för Kemiteknik, Lunds Universitet, ISSN 1104-2877, ISBN 91-7422-108-6

Belyazid, S., Akselsson, C., Hellsten, S., Moldan, F., Kronnäs, V. & Munthe, J. 2010. Modellering som verktyg vid miljöbedömning för uttag av skogsbränslen – En metodstudie. IVL Rapport B1957.

Berg S, 2010. Calculation of the contribution to GWP from production of some Swedish forest based fuels chains – according to RES directive. Utförd av Skogforsk 2010 för Energimyndigheten.

Berndes G. m.fl. (2006) The future och bioenergy in Sweden – Background and summary of outstanding issues, Energimyndigheten ER 2006:30.

Berndes. G, Bird, N. & Cowie, A. 2010a. Bioenergy, Land Use Change and Climate Change Mitigation, IEA Bioenergy: ExCo:2010:03.

Berndes. G, Börjesson. P, Rosenqvist. H, Karlsson S. 2008. Bioenergi: resurseffektivitet och bidrag till energi- och klimatpolitiska mål. ER 2008:05. Energimyndigheten, Eskilstuna

Berndes, G., Hektor, B., Huertas Bernal, D.A. & Sparovek, G. 2009. Certification initiatives for biofuels – Project report within the project "Internationell biobränslehandel och utveckling av certifieringssystem och sustainability frameworks" funded by the Swedish Energy Agency.

Berndes, G., Prieler, S, Fischer, G., Uslu, A. & Londo M. 2010b. Biofuels and land use change – challanges for science and policy. ELOBIO Policy Paper 4 – February 2010.

Beurskens, L.W.M., Hekkenberg, M., 2011. Renewable Energy Projections as Published in the National Renewable Energy Action Plans of the European Member States. Energy Research Centre of the Netherlands (ECN), Petten, the Netherlands, p. 244.

Börjesson P. 2007. Bioenergi från jordbruket – en växande resurs. Bilagedel [In Swedish ”Bioenergy from Swedish agriculture – a growing resource. Appendix]. Official Report from the Swedish Government, SOU 2007:36, Stockholm, Sweden.

Börjesson. P, Eriksson K. 2008a. Potentiell avsättning för produktion av el, värme och drivmedel inklusive energikombinat. Regionala analyser och räkneexempel. ER 2008:04. Energimyndigheten, Eskilstuna

Börjesson P, Ericsson K., de Lucia L., Nilsson L J och Åhman M. 2008b. Hållbara drivmedel- finns de? Report No 66, Environmental and Energy System Studies, Lund University

Börjesson P.2008c. ”Avvägning mellan olika miljömål”. En sammanfattning av etapp 1 av forskningsprojektet inskickad till Energimyndigheten.

Börjesson P & Tufvesson L.M.2008d. Agricultural crop-based biofuels – resource efficiency and environmental performance. Submitted to the Journal of Cleaner Production, June 2008.

Cosby, B.J., Ferrier, R.C., Jenkins, A. och Wright, R.F., 2001. Modelling the effects of acid deposition: refinements, adjustments and inclusion of nitrogen dynamics in the MAGIC model. Hydrology and Earth System Sciences 5(3), 499-517.

Crutzen, P.J., Mosier, A.R., Smith, K.A. & Winiwarter, W. 2008. N2O release from agro-biofuel production negates global warming reduction by replacing fossil fuels. Atmos. Chem. Phys. 8: 389-395.

De Jong, J. & Lönnberg, L. (red.) 2010. Konsekvenser av skogsbränsleuttag. En syntes av Energimyndighetens forskningsprogram inom Skogsbränsle och Miljö 2005 – 2009. Preliminär rapport inskickad till Energimyndigheten. 2010

De Jong, Akselsson C., Berglund H., Egnell G, Olsson B, von Stedingk H, Gerhardt K. Kan vi öka uttaget av skogsbränsle utan negativa konsekvenser för miljön? Syntesrapport åt Energimyndigheten, 2011.

Energimyndigheten 2009; Långtidsprognos 2008. Energimyndigheten. ER 2009:14.

Energimyndigheten, 2010a. Förnybarhetsdirektivets hållbarhetskriterier – Slutredovisning av uppdrag 15 enligt Energimyndighetens regleringsbrev för år 2009. Februari 2010.

Energimyndigheten, 2010b. Energimyndighetens Temarapport. Fokus III- Bränslebaserade energisystem. Temarapport ER 2010:05, Eskilstuna, 2010.

Energimyndigheten, 2010c. Handlingsplan för förnybar energi – Energimyndighetens underlag till Sveriges nationella handlingsplan för förnybar energi i

enlighet med direktiv 2009/28/EG och kommissionens beslut av den 30 juni 2009. ER 2010:08, Eskilstuna, 2010.

Energimyndigheten, 2010d. Kortsiktsprognos över energianvändning och energitillförsel 2009-2012. ER 2010:29, Eskilstuna, 2010.

Energimyndigheten, 2010e. Långsiktsprognos 2008. ER 2009:14, Eskilstuna, 2009.

Energimyndigheten, 2010f. Energiläget 2009. ET 2009:28, Eskilstuna, 2009.

Energimyndigheten, 2010g. Energiläget 2010. ET 2010:45, Eskilstuna, 2010.

Engström R, Gode J, Axelsson U, 2009. Vägledning till metodval vid beräkning av påverkan från förändrad energianvändning på de svenska miljömålen. IVL rapport B1822, 2009

Ernfors M, von Arnold K, Stendahl J, Olsson M, Klemedtsson L. 2007. Nitrous oxide emissions from drained organic forest soils – an upscaling based on C:N ratios. Biogeochemistry 84:219-231.

European Commission 2008. 20 20 by 2020 Europe's climate change opportunity. Commission of the European Communities, Brussels, p. 12.

EU-kommissionen, 2009. Investing in the Development of Low Carbon Technologies (SET-Plan). Communication from the commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Bryssel 7 oktober 2009

EU 2009. Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC. Official journal of the European Union, L 140, 16-62.

European Parliament, 2010. Sustainability Requirement for the Use of Solid and Gaseous Biomass Sources in Electricity, Heating and Cooling, Report from the Commission to the Council and the European Parliament, Final ed. European Commission, Brussels, p. 19.

EU 2011. Communication from the commission to the European Parliament and the council: Renewable energy – Progressing towards the 2020-target. Progress report, Brussels 110131 Com(2011) 31 Final.

Franklin O, Högberg P, Ekblad A, Ågren GI. 2003. Pine forest floor carbon accumulation in response to N and PK additions - Bomb 14C modelling and respiration studies. Ecosystems 6:644-658.

Gode J., Byman K., Persson A., Trygg L. 2009. Miljövärdering av el ur systemperspektiv – En vägledning för hållbar utveckling. IVL rapport B1882, december 2009

Gode J., Särnholm E., Zetterberg L., Arnell J., Zetterberg T. Swedish long-term low carbon scenario – Exploratory study on opportunities and barriers. IVL rapport B1955. December 2010

Gustavsson, L. & Rönnbäck, M. 2010. Syntes av Energimyndighetens program ”Uthållig tillförsel och förädling av biobränsle” delen Bränsleförädling och

Jordbruksbränslen, etapp 1. Preliminär rapport inskickad till Energimyndigheten. 2010

Gustavsson, L. & Rönnbäck, M. 2011. Syntes av Energimyndighetens program ”Uthållig tillförsel och förädling av biobränsle” delen Bränsleförädling och Jordbruksbränslen. Syntesrapport åt Energimyndigheten, 2011.

Gustavsson L. 2009. Var gör biobränslen mest nytta i det svenska energisystemet? - effektiv användning av biobränslen givet olika mål om koldioxidreduktion och minskat oljeberoende, Lägesrapport till Energimyndigheten, 2009-12-21

Gustavsson L. och Joelsson J., intervju, 2010-04-16

Göransson, A, Johnsson J, Skölberg H, Stridsman, D, Unger T. Westholm, E. 2009. Fjärrvärmen i framtiden- Behovet. Fjärrsyns rapport 2009:21. Utförd av Profu AB. Svensk Fjärrvärme AB, Stockholm

Hagberg, L., Särnholm, E., Gode, J., Ekvall, T., Rydberg, T., 2009. LCA calculations on Swedish wood pellet production chains –according to the Renewable Energy Directive. IVL Swedish Enivironmental Reserch institute, IVL rapport B1873, 2009

Hellsten, S., Akselsson, C. and Belyazid, S. 2007. Målkonflikt klimatmål och skogsmarksförsurning, Bilaga 9 i underlagsrapporten ”Bara naturlig försurning” till fördjupad utvärdering av miljömålsarbetet, Naturvårdsverket, Rapport 5780, December 2007.

Holmgren, K. m.fl. 2007, Biofuels and climate neutrality – system analysis of production and utlilzation, Elforsk rapport 07:35, juni 2007.

Huertas Bernal, D.A 2009. Certified Biofuels: Case study of Brazilian ethanol, MSc. Thesis, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden.

Huertas Bernal, D.A., Berndes, G., Holmén, M. & Sparovek, G. Manuskript. Sustainability certification of biofuels – How is it perceived by the actors involved with Brazilian ethanol production?

Huertas Bernal, D.A. & Berndes, G. 2009. Sustainability certification of biofuels. ELOBIO Policy Paper 3 – June 2009.

Joelsson, J. och Gustavsson, L. 2010. Reduction of CO2 emission and oil dependency with biomass-based polygeneration. Inskickat manuskript.

Johansson, M.-B . 1994. The influence of soil scarification on the turn-over rate of slash needles and nutrient release. Scandinavian Journal of Forest Research 9:170-179.

Kasimir Klemedtsson, Å. 2009a. Hur mycket lustgas blir det vid odling av biobränslen på åkermark i Sverige? Slutrapport till Energimyndigheten, Eskilstuna

Kasimir Klemedtsson, Å. 2009b. Varför den starka växthussgaen LUSTGAS bildas vid odling i jord- och skogsbruk. Slutrapport till Energimyndigheten, Eskilstuna

Klemedtsson L, von Arnold K, Weslien P. 2005. Soil CN ratio as a scalar parameter to predict nitrous oxide emissions. Global Change Biology 11:1142-1147.

Klemedtsson L. 2010. Lägesrapport för projektet “Coupmodellen som verktyg för att avgöra storleken på lustgasemissionen vid produktion för biobränslen”, och Slutrapport för projektet “Hur stor är lustgasemissionen vid spannmålsproduktion för bio-etanol produktion under svenska förhållande”. Energimyndigheten, Eskilstuna.

Kujanpää, M., Eggers, J., Verkerk, H., Helin, T., Lindner, M. & Wessman, H. 2010. Carbon balance of forest residue collection and combustion in Southern Finland. In: Proceedings of the 18th European Biomass Conference and Exhibition, DOI: 10.5071/18thEUBCE2010-OC2.4, 1575-1579.

Lindholm, E.-L., Berg, S. & Hansson, P.-A. (2010a): Energy efficiency and the environmental impact of harvesting stumps and logging residues, European Journal of Forest Research, 129:1223-1235.

Lindholm, E.-L., Berg, S. & Hansson, P.-A. (2010b): Skörd av skogsbränslen i ett livscykelperspektiv, SLU-rapport 023, ISSN 1654-9406, Uppsala 2010.

Lundmark R., 2009. Handel med trädbränsle i Europa inom ramen för EU policy. Slutrapport till Energimyndigheten, 2009

Lundmark R., Mansikkasalo A., 2009. European trade of forest products in the presence of EU policy, manuskript

Mansikkasalo A, 2007. The European Forest Trade Model EU Policy and the Impact on Forest Raw Material Use. Licentiatavhandling 2007:11, Luleå Tekniska Högskola.

Nordin, A., Bergström, A.-K., Granberg, G., Grip, H., Gustafsson, D., Gärdenäs, A., Hyvönen-Olsson, R., Jansson, P.-E., Laudon, H., Nilsson, M.B., Svensson, M. & Öquist, M. 2009. Effekter av ett intensivare skogsbruk på skogslandskapets mark, vatten och växthusgaser. Faktaunderlag till MINT-utredningen. SLU, Rapport. ISBN 978-91-86197-46-9.

Norman, J., Jansson, P.-E., Farahbakhshazad, N., Butterbach-Bahl, K., Li, C. och Klemedtsson, L. 2008. Simulation of NO and N2O emissions from a spruce forest during a freeze/thaw event using an N-flux submodel from the PnET-N-DNDC model integrated to CoupModel. Ecological Modelling, 216:18-30.

Olaru Verouhis, A., intervju, 2010-03-30

Oljekommissionen 2006. På väg mot ett oljefritt Sverige. Kommissionen mot oljeberoende. Juni 2006.

Paulrud S., Holmgren K., Rosenqvist H., Börjesson P., 2009. Förutsättningar för nya biobränsleråvaror – System för småskalig brikettering och pelletering. IVL rapport B1825, 2009

Peck P., Berndes G., Hektor B., 2009. Mobilising Global Bioenergy Supply Chains – Keys to unlocking the potential of bioenergy. Preliminär rapport IIIEE 2009:02, februari 2009

Peck P., intervju, 2010-04-06

Regeringskansliet, 2008. En sammanhållen klimat- och energipolitik - Energi. Regeringskansliet, Stockholm, p. 219.

Repo A. m.fl., 2010, Indirect carbon dioxide emissions from producing bioenergy from forest harvest residues, Finnish Environmental Institute, GCB Bioenergy, juni 2010.

Skogsstyrelsen, 2008. Skogliga konsekvensanalyser 2008 – SKA-VB 08. Skogsstyrelsen Rapport 25-2008. Skogsstyrelsen, Jönköping. pp 1-157. In Swedish.

Sköldberg H och Unger T, 2008. Effekter av förändrad elanvändning/elproduktion – Modellberäkningar. Elforsk rapport 2008:30, 2008

SOU, 2007. Bioenergi från jordbruket – en växande resurs. SOU 2007:36

STEMFS, 2011. Statens Energimyndighets föreskrifter om hållbarhetskriterier för biodrivmedel och flytande biobränslen. Statens Energimyndighet, Stockholm, p. 44.

Svensk Fjärrvärme.2009. Fjärrvärmen fortsätter växa, prognosrapport till 2015, 2009

Von Arnold K. 2004. Forests and greenhouse gases. Fluxes of CO2, CH4 and N2O from drained forests on organic soils. Linköping Studies in Arts and Science No 302. Linköping University, Sweden.

Wallman, P., Svensson, M.G.E., Sverdrup, H. och Belyazid, S., 2004. ForSAFE - An integrated process-oriented forest model for long-term sustainability assessment. Forest Ecology & Management 207(1-2): 19-36.

WWF Sverige. Skogsbränslepotentialer – en jämförelse av nivåer och restriktioner. Rapport för WWF av Nic Kruys. 2009-11-30.

Zetterberg L., intervju, 2010-05-06

Zetterberg L., Chen D. The time aspect of bioenergy – climate impacts of bioenergy due to differences in carbon uptake rates. IVL rapport B 1989, juli 2011.

Ågren, G., Svensson, M., Olsson, M. 2009. Carbon balances and biofuel production at land use changes (Kolbalanser vid förändrad markanvändning föranledd av biobränsleproduktion), Rapport till Energimyndigheten Projekt 32273-1.

Ågren GI, Bosatta E, Magill AM. 2001. Combining theory and experiment to understand effects of inorganic nitrogen on litter decomposition. Oecologia 128:94-98.

Bilaga A. Sammanfattning av projekt som ingått i syntesarbetet

Tabell A.1. Sammanfattning av de projekt inom Bränsleprogrammet som ingår i denna syntes. I de fall intervju med annan än projektledaren har gjorts indikeras detta.

Projektnamn	Sammanfattning från projektplan	Projektledare	Intervju
Mål och styrmedel för produktion av energi-grödor från jordbruket	Projektet ska ta fram förslag på styrmedel som på ett kostnadseffektivt sätt uppfyller ett mål om ökat utbud av biobränslen från jordbruksmark. Projektet inkluderar en nulägesbeskrivning av energi- och jordbrukspolitiska mål och styrmedel. Vidare genomförs en scenarieanalys som beskriver kostnadseffektiva styrmedel för att nå klimatpolitiska mål, samt vilka ekonomiska konsekvenser sådana styrmedel får för jordbruket som bioenergiproducent. Dessutom görs en analys av vilka styrmedel som är kostnadseffektiva för ett sektorsmål om ökad bioenergiproduktion.	Mohammed Belhaj, IVL Svenska Miljö-institutet	Intervju
Internationell biobräns-lehandel och utveckl-ing av certifieringssy-stem och ”sustaina-bility frameworks”	Projektet deltar i internationellt arbete med reglerande system (t ex certifiering) för bioenergi och biodrivmedel, och verkar för etablering ett brett förankrat internationellt system för bevakning av socioekonomiska och miljömässiga effektkategorier, samt former för dokumentation och kommunikation. Projektet utvecklar ett sådant reglerande system i nära samverkan med aktörer som handlar med bioenergi, och etablerar samverkan med brasilianska producenter/säljare och svenska köpare av biobränslen. I en workshop sammanfattas nyckelaktörers syn på uthållighetsavtal mellan säljare och köpare.	Göran Bern-des, Chalmers	Intervju
Bioenergi och markan-vändnings-förändringar	Projektet handlar om i vilken utsträckning klimatnyttan av bioenergisystem påverkas av de markanvändningsförändringar som (direkt/indirekt) uppstår som följd av bioenergietableringar. Det syftar till att producera två rapporter för IEA Bioenergy och Energimyndigheten. En omfattande debatt förs, hittills med hjälp av bristande underlag och med huvudsaklig uppmärksamhet riktad mot biodrivmedel och markanvändningsförändringar. Projektet kommer beakta även biomassaanvändning för el och värme och även framtida substitutionsmönster såsom att biodrivmedel ersätter transportbränslen baserade på kol. Både negativa och positiva scenarier	Göran Bern-des, Chalmers	Intervju

Projektnamn	Sammanfattning från projektplan	Projektledare	Intervju
	vad gäller markanvändningsförändringar beaktas.		
Avvägning mellan miljömål inom bioenergisystem	Projektet ökar kunskapen kring avvägning mellan olika miljömål som berörs av bioenergin. Planen innehåller tre aktiviteter: 1) identifiera olika bioenergisystem map om målkonflikter uppstår eller ej, 2) analysera metoder för miljövärdering som kan användas vid avvägning mellan miljömål, samt hur metoderna kan utvecklas vidare, 3) rekommendera hur bioenergins miljömålskonflikter kan hanteras samt hur rimliga avvägningar kan göras. Denna etapp fokuserar på den första aktiviteten och planerar för de två andra.	Pål Börjesson, LTH	
Var gör biobränslen mest nytta i det svenska energisystemet?	Projektet avser att utveckla kunskap om var biobränslen gör störst nytta i det svenska energisystemet, givet målsättningar om minskade koldioxidutsläpp och minskat oljeberoende. Projektet förväntas ge kunskaper av stort värde för framtida beslut inom biobränsleområdet.	Leif Gustavsson, Mittuniversitetet	Intervju
Bränsleproduktion från stubbskörd vid slutavverkning - analys av miljöbelastning och energieffektivitet i livscykelperspektiv	Projektet analyserar olika system för ökad biobränsleproduktion i livscykel- och kolbalansperspektiv. Fokus är på skörd av stubbar och GROT, främst gran i slutavverkning. Sådana analyser behövs som del i miljöanalys inför storskalig tillämpning stubbskörd. Målet är att finna system med låga miljöeffekter relativt den producerade bränslemängden samtidigt som energibalansen blir fördelaktig.	Per-Anders Hansson, SLU	Intervju med Eva-Lotta Lindholm, SLU
Prenormativ forskning för fasta biobränslen	Projektet är ett EU-projekt och avser bistå det pågående arbetet med framtagning av CEN-standarder för fasta biobränslen. Den huvudsakliga uppgiften för projektet är att bedriva forskning och utveckling för att ta fram kunskap om metodik och mätningsfrågor som kan utgöra underlag för standardiseringsarbetet. Det tidigare Bionormprojektet har tagit fram underlag till framtagning av de ca 30 tekniska specifikationer som idag finns. Det nu aktuella projektet, Bionorm II, ska på samma sätt genomföra den FoU som ska stödja uppgraderingen av dessa	Conny Haraldsson, SP	Intervju

Projektnamn	Sammanfattning från projektplan	Projektledare	Intervju
	tekniska specifikationer till fullvärdiga standarder		
Utveckling utbildning och standardisering av en europeisk databas för biomassabränslen och askor	Bra information om biobränslen och askor är nödvändig för en snabb spridning av biobränslen som ett förnybart bränsle i EU och angränsande länder. Producenter, säljare, köpare, utrustningstillverkare, lagstiftare och andra aktörer som är involverade i biobränsleanvändning behöver oberoende och tillförlitlig information om sammansättning och kvalité på biobränslen och biobränsleaskor, som tagits fram med standardiserade metoder. Projektet syftar till att skapa en ny databas från en existerande, PHYLLIS, och en stor mängd existerande men inte sammanställd information. Vidare kommer projektet att anorna utbildnar i användandet av databasen och i användandet av standardiserade analysmetoder, särskilt inriktat på EU:s nya medlemsstater.	Erik Karltun, SLU	Intervju
Helhetsperspektiv för hur balanserad näringstillförsel i ungskog bidrar till den faktiska klimatnyttan	Ökad skogsproduktion ger både mer råvaror till skogsindustrin och mer biobränsle. Kolinlagringen i träd och skogsmark kan ökas kraftigt genom nya skötselsystem som t ex balanserad näringstillförsel till ungskog. Näringstillförseln kan dock ge upphov till utsläpp av lustgas vilket skulle motverka en del av de positiva effekterna av den ökade produktionen och kolinlagringen. Projektet studerar lustgasproduktionen från ”intensivodlad” skog, vilket ger underlag för en heltäckande analys i hur denna skogsskötselmetod påverkar klimatet.	Leif Klemedtsson, Gbg univ	Intervju
Modelling European Trade in Forest Fuels in the Presence of EU Policy	Med EU direktiv om förnybar energi får biobränslet stor betydelse. Den geografiska spridningen av biobränsle inom EU är ojämnt fördelat mellan medlemsländerna vilket indikerar att en utökad handel kan öka effektiviteten i användningen. Detta projekt syftar till att expandera en utvecklad Europeisk handelsmodell för att möjliggöra en analys av konsekvenserna från det nya EU direktivet. Med hjälp av modellen indikeras hur möjliga handelsmönster och kvantiteter av skogsbaserat trädbränsle påverkas av de nya EU-målen.	Robert Lundmark, Luleå universitet	

Projektnamn	Sammanfattning från projektplan	Projektledare	Intervju
SIS - Fasta bränslen	Framtagning av CEN-standarder, dessa gäller inom Europa, inleds med med att ta fram tekniska specifikationer. 26 st sådana är framtagna för fasta bränslen. För avfallsbränslen är liknande arbete långt framskridet. I det nu aktuella projektet ska dessa tekniska specifikationer nu granskas och korrigeras för att uppgraderas till gällande standarder. Arbetet ska även ligga till grund för att ta fram världomfattande standarder, ISO-standarder. Standarder förväntas leda till effektivare förbränning av bränslen. Handel med bränslen ska ske lättare. Genomförande av systemstudier och livscykelanalyser som rör bränslen och dess användning underlättas.	Lars Sjöberg, SIS	
SIS Fasta bränslen	Projektets avsikt är att ta fram världsomfattande standarder, ISO-standarder, över fasta biobränslen. Behovet av sådana ökar i takt med att fossila bränslen i ökad utsträckning ersätts med förnybara fasta biobränslen över hela världen. För europeiska länders vidkommande finns en bra grund i de europeiska tekniska specifikationer, CEN-nivå, som redan tagits fram och som nu revideras och lyfts upp till färdiga svenska standarder.	Lars Sjöberg, SIS, Swedish Standards Institute,	
Konsekvenser av en ökad tillförsel och förädling av nya biobränsleråvaror för småskalig värmeförsörjning	Projektet syftar till att identifiera och föreslå tekniskt, ekonomiskt och miljömässigt fördelaktiga bränslekedjor, med fokus på produktion och förädling av nya biobränslen, i första hand bränslen från jordbruket och i ett lokalt perspektiv. I denna etapp identifieras aktuella bränslen, ett urval av bränslekedjor görs, och tillgång till dataunderlag granskas. Dessutom klargörs hur resultaten kommer till nytta för olika kategorier av användare.	Susanne Paulrud, IVL	
Bioenergiscenarier	Projektet syftar till att granska politiska visioner för biobränsleproduktion- och användning mot verklighetens begränsningar. Produktions- och konsumtionsstrukturer samt transportflöden i tre regioner vid två till tre scenarier ska analyseras. Även resurs- och kompetensbehov samt synergi och konkurrens med redan etablerad industri ska analyseras. Resultaten ska kunna ge realistiska bedömningar av vilket bidrag bioenergin kan ge till energiförsörjningen i ett 20-årsperspektiv.	Philip Peck, Lunds Universitet	Intervju

Tabell A.2. Sammanfattning av projekt av ”strategisk karaktär” som ingår i denna syntes, men som är utanför Bränsleprogrammet. I de fall intervju med annan än projektledaren har gjorts indikeras detta.

Projektnamn	Sammanfattning	Projektledare	Intervju
	Calculation of the contribution to GWP from the production of some Swedish forest based fuels chains – according to RES directive[26]	Staffan Berg, Skogforsk, 2010	
Effektiva bioenergisystem	Projektet utreder effektiviteten hos olika bioenergisystem, huvudsakligen de som baseras på produktion av grödor inom jordbruket. Exempelvis hur mycket biodrivmedel som kan produceras per hektar, eller vilken nettoenergi som olika bioenergisystem kan leverera per hektar. Vidare visas hur olika bioenergisystem bidrar till angelägna miljö- och energipolitiska mål. T ex vilka biomassasystem bidrar, per enhet biomassa, mest till att minska utsläppen av växthusgaser? Studien innefattar systemanalys, energi-modellering samt genomgång och syntes av andra relevanta studier.	Göran Berndes, Chalmers, 2006	Intervju
Regional avsättning för biomassa för energiändamål	Studien uppskattar framtida regional avsättning av biomassa i Sverige för värme-, el- och drivmedelsproduktion. Tillsammans med annat planerat projekt om regional tillförsel av biobränsle visar projektet inom vilka regioner ökad intensitet av biomassaproduktion (och miljöbelastning) kan förväntas, och ger därmed underlag för bioenergi-MKB.	Pål Börjesson, LTH, 2006	
	LCA – Renewable Energy Directive. Investigation of how the outcome of LCA study change when the method proposed in the Renewable Directive (2009/28/eg) is used compared to when a custom that is applied for most LCA´s today is used.	L. Eriksson, Ecotraffic, 2010	
	LCA calculations on Swedish wood pellet production chains – according to the Renewable Energy Directive.	Linus Hagberg, IVL Svenska Miljöinstitutet, 2009	

[26] RES directive avser här RED.

Projektnamn	Sammanfattning	Projektledare	Intervju
Bioenergi och lustgas-emission	Målet med projektet är att ge orientering och bakgrundskunskap till varför lustgas bildas i mark, när vi kan förvänta oss höga emissioner och hur man kan mäta, beräkna eller uppskatta emissionens storlek. Projektet ger en förståelse för när och var man kan förvänta stora eller små lustgasemissioner vid produktion av olika biobränslen. Projektet rapporteras genom en skrift som vänder sig framförallt till beslutsfattare i samhälle och företag. Den ska också kunna användas som utbildningsmaterial för politiker med ansvar för struktur och utveckling av samhället.	Åsa Kasimir Klemedtsson, Gbg univ., 2008	Intervju
Beräkning av lustgas från odling av jordbruksgrödor för biodrivmedel	Lustgas från odling kan i LCA-perspektiv vara en väsentlig del av emissionerna från drivmedel som framställs av ettåriga grödor. För att svenskproducerade biodrivmedel ska klara EUs hållbarhetskriterier behövs att Sverige kan redovisa medelvärden för emissioner av växthusgaser vid odling av energigrödor, som medelvärden per sk NUTS 2 eller NUTS 3-region. Detta projekt uppskattar bildningen av lustgas, och är en del i ett uppdrag från Jordbruksdepartementet till SLU.	Åsa Kasimir Klemedtsson, Gbg univ., 2009	Intervju
Coupmodellen som verktyg för att avgöra storleken på lustgas-emission vid produktion för biobränslen SAMT Lustgasemission vid spannmålsproduktion för etanolproduktion	Ett motiv för att använda biobränslen är att utsläppen av växthusgaser behöver minska. Men det finns uppskattningar att vissa åkergrödor knappast ger någon klimatvinst p.g.a. lustgas-emissioner. Uppskattningarna speglar inte faktisk emission på enskilda fält; där gröda, jordmån, klimat och odlingsteknik avgör. För att avgöra vilka grödor och system som är acceptabla behövs en modell som är validerad på svenska data för att beräkna emissionen. Projekten samlar data genom mikrometeorologiska mätningar 2009-2010 i en växtföljd på Västgötaslätten, som sen används för utveckling av CoupModellen.	Leif Klemedtsson, Gbg univ., 2008	Intervju
Standardisering av hållbarhetskriterier i ett EU-perspektiv.	På holländskt initiativ har CEN startat en teknisk kommitté (CEN/TC 383 Sustainability criteria for biomass for energy) för att ta fram en serie standarder inom hållbarhetskriterier för biomassa främst för energianvändning. Arbetet är kopplat till EUs direktiv om förnybar energi. Detta projekt innebär att SIS administrerar en svensk teknisk kommitté (SIS/TK) kring dessa frågor, samt medverkan av svenska experter i arbetsgrupper under CEN/TC 383. Energimyndigheten har föreslagit gruppens ordförande och finansierar denna.	Ana Olaru Verouhis, SIS, 2009	Intervju

Projektnamn	Sammanfattning	Projektledare	Intervju
Kolbalanser vid förändrad markanvändning föranledd av biobränsleproduktion	Enligt EU-direktivet om främjande av förnybar energi ska hänsyn tas till hur markens kolförråd påverkas i de fall biobränsleproduktion leder till ändrad markanvändning. Detta projekt analyserar några olika relevanta fall av markanvändning för biomassaproduktion samt ändringar i användningen och konsekvenser av olika betraktelsesätt på detta. Med två olika modeller förklaras skogsbrukets koldynamik med plantering, tillväxt och avverkning. Olika nivåer på uttag i form av GROT och stubbar belyses liksom vad som bör betraktas som ändrad markanvändning.	Göran Ågren, SLU, 2009	Intervju
Tidsaspektens betydelse vid valet av bränslen	För olika biobränslen tar det olika lång tid innan CO2-emissionerna vid förbränning kompenseras av motsvarande upptag vid tillväxt eller utebliven emission vid nedbrytning. Projektet undersöker om vissa biobränslen är bättre än andra för klimatet och bör ges högre prioritet. Med stöd från klimatforskare föreslås metoder för att jämföra långssiktigt CO2-neutrala emissionsscenarier, men där emissioner och upptag är separerade i tiden. De testas på ett urval biobränslen. Energimyndigheten finansierar en expertgrupp för stöd till projektet.	Lars Zetterberg, IVL Svenska Miljöinstitutet, 2009	Intervju

Vårt mål - en smartare energianvändning

Energimyndigheten är en statlig myndighet som arbetar för ett tryggt, miljövänligt och effektivt energisystem. Genom internationellt samarbete och engagemang kan vi bidra till att nå klimatmålen.

Myndigheten finansierar forskning och utveckling av ny energiteknik. Vi går aktivt in med stöd till affärsidéer och innovationer som kan leda till nya företag. Vi visar också svenska hushåll och företag vägen till en smartare energianvändning.

Alla rapporter från Energimyndigheten finns tillgängliga på myndighetens webbplats www.energimyndigheten.se.

Energimyndigheten

Energimyndigheten, Box 310, 631 04 Eskilstuna
Telefon 016-544 20 00, Fax 016-544 20 99
E-post registrator@energimyndigheten.se
www.energimyndigheten.se