

Bioenergi på rätt sätt

Om hållbar bioenergi i Sverige och andra länder

En översikt initierad av Miljömålsrådet



© Skogsstyrelsen, december 2017

Projektgrupp (utan inbördes ordning)

Energimyndigheten: Anna Lundborg och Linda Kaneryd

Jordbruksverket: Lena Niemi Hjulfors

Naturvårdsverket: Dag Henning

Skogsstyrelsen: Hillevi Eriksson och Gerben Janse

Projektledare

Sanna Black-Samuelsson, Skogsstyrelsen

Citering av rapporten

Black-Samuelsson S, Eriksson H, Henning D, Janse G, Kaneryd L, Lundborg A och Niemi Hjulfors L. 2017. Bioenergi på rätt sätt – om hållbar bioenergi i Sverige och andra länder. Rapport av Skogsstyrelsen, Energimyndigheten, Jordbruksverket och Naturvårdsverket. Rapport 10, Skogsstyrelsen. 2017.

Omslagsbilder

Virkesvälta och hög med grenar och toppar, Anna Petersson (öv)

Salixodling, Per Aronsson (öh)

Boträd (inte för biobränsle), Michael Ekstrand (nv)

Träpellets, Henry Stahre (nh)

Grafisk produktion

Annika Fong Ekstrand

Upplaga

Finns endast som pdf-fil för egen utskrift

Innehåll

Förord	5
Sammanfattning	6
Summary	8
Ordlista	10
1 Den globala utmaningen	12
1.1 Fossila bränslen behöver bytas ut	12
1.2 Global energiförsörjning och användning	12
1.3 Bioenergi i en global energiomställning	14
1.4 Från fossila till hållbara energisystem	14
1.5 Bioenergi från jord- och skogsbruk	15
1.6 Bioenergi i ett klimatperspektiv	15
2 Bioenergi och hållbarhet	19
2.1 Styrmedel	19
2.2 Hållbar markanvändning	19
2.3 Hållbar bioenergi	20
2.4 Markanvändning, bioenergi och biologisk mångfald	21
2.5 Effektiva klimatåtgärder	21
2.6 Social hållbarhet	22
3 Hållbar bioenergi i Sverige	23
3.1 Utveckling och drivkrafter	23
3.2 Råvaror och användning	24
3.3 Åtgärder för hållbar bioenergi	28
4 Framtiden: Bioenergi på rätt sätt	36
4.1 En utvecklad bioenergi globalt och i Sverige	36
4.2 Livsmedelsförsörjning	38
4.3 Styrmedel	40
4.4 Vetenskap och helhetsperspektiv	41
Slutord	42
Litteratur/källförteckning	43

Förord

Energianvändningen i världen behöver ställas om från klimatskadlig till hållbar inom några decennier. Tillsammans med annan förnybar energi och energieffektivisering kan bioenergi spela en viktig roll för att fasa ut användningen av fossila bränslen och minska utsläppen av växthusgaser, både i Sverige och i andra länder.

Miljömålsrådet initierade 2016 ett projekt för att öka kunskapen om bioenergi i Sverige och inom EU. Skogsstyrelsen, i samverkan med Energimyndigheten, Jordbruksverket, Naturvårdsverket och länsstyrelserna, fick uppdraget att gemensamt ta fram ett underlag över läget och möjligheterna för bioenergin. Motivet var att hållbara åtgärder är nödvändiga för att minska utsläppen av växthusgaser i enlighet med Parisavtalet och att frågan rör flera myndigheters ansvarsområden.

Baserat på svenska erfarenheter redogör denna rapport för hållbar bioenergi, ”bioenergi på rätt sätt”. Rapporten behandlar översiktligt behovet av bioenergi, exempel på hur bioenergi kan framställas hållbart, hur den idag produceras och används i Sverige, samt vilka utvecklingsmöjligheter som finns.

För att utveckla hållbara energisystem baserade på förnybara energikällor behövs en bred acceptans i samhället. Inom flera processer i EU har aktörer lyft fram problem och risker med bioenergi som hanteras med en uppsättning hållbarhetskriterier.

Att motverka klimatförändringarna och hoten mot biologisk mångfald är två viktiga globala och nationella mål. Vi behöver utveckla bättre metoder som samverkar till att båda målen nås. I denna översikt vill vi peka på vilka system för hållbarhet som redan är på plats, men också exempel på vilka som behöver utvecklas i takt med att användningen av bioenergi ökar, både i Sverige och i andra länder. Rapporten är ett underlag för fortsatt utveckling av riktlinjer för hållbar bioenergi.

Ett varmt tack riktas till berörda medarbetare och till länsstyrelserna för värdefulla bidrag och insatser med att ta fram rapporten.

Jönköping i december 2017

Herman Sundqvist
Generaldirektör
Skogsstyrelsen

Leif Denneberg
Generaldirektör
Jordbruksverket

Björn Risinger
Generaldirektör
Naturvårdsverket

Erik Brandsma
Generaldirektör
Energimyndigheten

Sammanfattning

Bioenergi kan avsevärt bidra till att begränsa klimatförändringarna. Det är viktigt att biobränslen produceras och används på ett hållbart sätt. Dels ska bioenergi leda till minskade utsläpp av växthusgaser, dels ska produktionen och användningen inte leda till andra problem, till exempel för biologisk mångfald eller ur sociala aspekter. Hållbarheten kan och bör säkerställas genom relevanta åtgärder. För att fullt ut utnyttja potentialen för hållbar bioenergi är effektiva styrmedel nödvändiga.

Bioenergi för att minska klimatpåverkan

Världens energianvändning behöver ställas om från att skada klimatet till att vara hållbar inom ett fåtal decennier. Fossila bränslen och material baserade på fossila råvaror måste ersättas med förnybara material och förnybar energi. Även energieffektiviteten behöver öka inom alla sektorer.

I ett hållbart energisystem är ”bioenergi på rätt sätt” en del av lösningen. Tillsammans med andra förnybara energikällor kan biobränslen användas för uppvärmning, kylning, att generera el och i industriella processer. Effektivare fordon som drivs av el eller biodrivmedel kan minska utsläppen av koldioxid från transporter. Kraftvärme med biobränslen kan ersätta separat värme- och elproduktion baserad på fossila bränslen. Den förbättrar resurseffektiviteten och reducerar utsläppen av växthusgaser.

Svenska biobränslen är till största delen restprodukter från skogsindustrier, skogsbruk och jordbruk. Ekonomiskt sett har dessa restprodukter ett mindre värde jämfört med den huvudsakliga produktionen av till exempel sågat trä, papper och livsmedel.

Säkra hållbarhet

Ett antal aspekter är relevanta för att bioenergi ska vara hållbar i alla länder. De handlar om att undvika negativa effekter på miljö och människor och att effektivt minska utsläppen av växthusgaser.

För att produktion och konsumtion av biomassa för energi eller andra ändamål ska vara hållbar får den inte orsaka avskogning eller på annat sätt minska kolförråden i ett landskapsperspektiv. Hållbar bioenergi får inte heller minska den biologiska mångfalden, minska markens långsiktiga produktionsförmåga, försämra kvaliteten hos mark eller vatten eller orsaka skadliga utsläpp av föroreningar.

Hållbar bioenergi måste redan i ett medellångt tidsperspektiv orsaka lägre utsläpp av växthusgaser än fossilbaserade system och på längre sikt orsaka klart lägre utsläpp. Arbetsvillkoren ska vara goda och lokalbefolkningen ska inte påverkas negativt av produktionen.

En ökad produktion av hållbar bioenergi kan under vissa förutsättningar vara positiv för biologisk mångfald (till exempel energiskog), vattenkvalitet och sociala värden och är i de flesta fall positiv för landsbygdens ekonomi och utveckling.

Utvecklingen i Sverige

Under de senaste hundra åren har kolförråden i biomassa och mark ökat. Det har kunnat ske trots att användningen av skogsbiomassa också har ökat under perioden. Anledningen är en ökad tillväxt i skogen samt att kolförluster genom skogsavverkningar och trädens naturliga avgång har varit mindre än upptaget av kol genom tillväxt.

En kombination av styrmedel har under senare decennier bidragit till att Sverige avsevärt har minskat utsläppen av koldioxid och ökat andelen förnybar energi. Bioenergi utgör nu ungefär en tredjedel av Sveriges totala energianvändning.

Möjligheter för framtiden

För att fasa ut fossila bränslen behövs starka politiska insatser inom flera samhällssektorer. Kostnaderna för att släppa ut växthusgaser bör generellt höjas till dess att utfasningen av fossila bränslen går tillräckligt snabbt. Genom lämpliga åtgärder och styrmedel kan produktion och användning av biobränslen uppfylla relevanta kriterier för hållbarhet. Styrmedlen bör ha ett långsiktigt perspektiv och vara teknikneutrala för att stödja utvecklingen av marknader för bioenergi och andra förnybara energikällor som tillsammans kan ersätta fossila bränslen.

Lokalt anpassade åtgärder behövs för att hantera konkurrens mellan produktion av bränslen och andra nyttigheter och för att minimera negativ påverkan på ekosystemet. Styrmedel för markanvändning måste vara tydliga, ändamålsenliga och främja effektivitet. Sverige och andra delar av Europa har gott om extensivt brukad och övergiven åkermark. I många fall kan sådan mark användas för att producera energigrödor och har potential för en ökad produktion av hållbar bioenergi.

Förbättrade och främjande styrmedel kan öka efterfrågan på alternativ till fossila bränslen. Genom en effektiv och hållbar markanvändning, nya tekniker och ökad användning av restprodukter kan man integrera produktionen av biobränslen i jord- och skogsbruket. Det kan ge stora bidrag till hållbar bioenergi.

Höga hållbarhetskrav måste gälla för alla biomassaprodukter, alla råvaror och alla energislag, inklusive fossila bränslen. Det är angeläget att all produktion av bioenergi runt om i världen ingår i system som garanterar en acceptabel hållbarhet. Det är inte effektivt att ställa höga hållbarhetskrav enbart på bioenergi och låta annan resursanvändning vara ohållbar.

Sammantaget har Sverige och andra länder goda möjligheter att öka tillgången på hållbar bioenergi, bioenergi på rätt sätt.

Summary

Bioenergy can contribute substantially to mitigation of climate change. Therefore, it is important to ensure the sustainability of biomass-based energy systems. Bioenergy should lead to reduced greenhouse-gas emissions and the production and use of bioenergy should not lead to other negative impact on, for example, biodiversity or social aspects. Sustainability can and should be secured by relevant measures. To fully utilise the potential of sustainable bioenergy, effective policy instruments are required.

Bioenergy for climate mitigation

The global energy use must be transformed from climate damaging to sustainable within a few decades. Fossil fuels and materials causing high emissions must be replaced by renewable materials and renewable energy. Moreover, energy efficiency needs to increase within all sectors.

In a sustainable energy system, “bioenergy done right” is part of the solution. Together with other renewables, bioenergy can be used for heating, cooling, electricity generation and industrial processes. More efficient vehicles fuelled by electricity and biofuels can reduce carbon-dioxide emissions from transport. Combined heat and power production based on biomass can replace separate heat and electricity generation based on fossil fuels, resulting in increased resource efficiency and reduced greenhouse-gas emissions.

Swedish biomass fuels are mostly by-products from forest industries, forestry and agriculture. These by-products have a low economic value compared to the main products, such as timber, paper and food.

Ensure sustainability

Several aspects are relevant for bioenergy systems to be sustainable in all countries. They include the avoidance of negative effects on the environment and humans, as well as an effective reduction of greenhouse gas emissions.

For production and use of biomass, for energy or other purposes, to be sustainable, it must not cause deforestation or in other ways reduce carbon stocks at landscape level. Furthermore, sustainable bioenergy must not reduce biodiversity, reduce long-term soil production capacity, deteriorate soil or water quality or cause harmful emissions of pollutants.

Sustainable bioenergy must already in a medium-term perspective cause lower emissions of greenhouse gases than fossil-fuel-based systems, and cause significantly lower emissions on the longer term. Working conditions must be good and local communities should not be negatively affected by the production.

An increased production of sustainable bioenergy can, under certain conditions, be beneficial for biodiversity (for instance certain perennial energy crops), water quality and social values and, in most cases, it has positive impact on rural economy and development.

The development in Sweden

During the past one hundred years, the carbon stock in biomass and soils has increased. This has been possible even though the use of forest biomass has increased during the same period. The reason is increased forest growth as well as the fact that the carbon losses by harvesting and natural tree death have been smaller than the carbon uptake by forest growth.

Over the last decades, a combination of policy instruments has contributed to significantly reducing carbon-dioxide emissions and increasing the proportion of renewable energy. At present, bioenergy provides about one-third of Sweden's total energy use.

Future possibilities

To phase out fossil fuels, strong political efforts are needed within several sectors of society. The cost of emitting greenhouse gases generally needs to be raised until fossil fuels are phased-out at a sufficient speed. Through adequate measures and policy instruments, the production and use of biomass fuels can meet relevant criteria for sustainability. The policy instruments should have a long-term perspective and be technology-neutral to support market development for bioenergy and other renewable energy sources that together can replace fossil fuels.

Locally adapted measures are needed to cope with the competition between production of fuels and other commodities, and to minimise the negative impact on ecosystems. Incentives for land use management must be clear, adequate and promote efficiency. Sweden and other parts of Europe have plenty of extensively used and abandoned arable land. In many cases, such land can be used for producing energy crops and has the potential for an increased delivery of sustainably produced biomass for energy.

Improved and promoting policy instruments can increase the demand for alternatives to fossil fuels. Through an efficient and sustainable land use, new technologies and an increased use of by-products, it is possible to integrate the production of biomass fuels in agriculture and forestry. It can yield large contributions to sustainable bioenergy.

High sustainability standards must apply for all biomass products, all raw materials and all energy carriers, including fossil fuels. It is essential that all production of bioenergy around the world is included in systems that guarantee an acceptable sustainability. It is not effective to require high sustainability standards solely for bioenergy, and allow other resource use to remain unsustainable.

Altogether, Sweden and other countries have very good opportunities to increase the supplies of sustainable bioenergy, bioenergy done right.

Ordlista

Biobränsle – Bränsle från förnybart organiskt material, till exempel olika delar av växter, slam från reningsverk eller slaktavfall. Biobränslen kan vara gasformiga som biogas, flytande som etanol, eller fasta som till exempel ved, spannmål och träpellets. Torv räknas inte som ett biobränsle.

Biodrivmedel – Biobränsle som används för transportändamål.

Bioenergi – Energi som framställs ur biomassa som till exempel växter och växtdelar. Eftersom biomassa kontinuerligt nybildas är bioenergi en förnybar energikälla.

Biogas – Ett förnybart bränsle (metangas) som bildas när organiskt material bryts ner i syrefri miljö. Kan användas för uppvärmning, elproduktion och som fordonsbränsle.

Biologisk mångfald – Ett samlingsbegrepp som omfattar all den variation mellan arter, inom arter och livsmiljöer som finns på jorden. Med biologisk mångfald menas den genetiska variationen hos individerna inom en art, variationen mellan olika arter och mellan olika naturtyper och landskap.

Biomassa – Material av biologiskt ursprung exklusive material inbäddat i geologiska formationer eller transformerat till fossilerat material. Biomassa omfattar produkter, avfall och restprodukter med biologiskt ursprung från jord- och skogsbruk, skogsindustriavfall och kommunalt avfall.

Ekonomiska styrmedel – Skatter, avgifter, subventioner, utsläppsrätter och elcertifikat etc. för att påverka allmänhetens och näringslivets handlande i en viss riktning.

Energigröda – Jordbruksgröda odlad för att användas som energiråvara.

Energiskog – Träd eller buskar som odlas för att bli energiråvara.

Energisystem – System som innefattar utvinning, omvandling, distribution och användning av energi.

Fossila bränslen – Bränslen bestående av organiska kolväteföreningar i sediment eller sedimenterad berggrund.

Förnybar energi – Energi från källor som ständigt förnyas i snabb takt, till exempel vattenkraft, sol-, vind- och vågenergi och biobränsle.

Förädlat biobränsle – Exempelvis pellets och fordonsbränslen baserade på biomassa.

Gallring – En metod som innebär att man avverkar vissa träd i täta skogsbestånd. Generellt lämnas friska träd av hög kvalitet att växa vidare i beståndet.

Kolförråd – Den mängd kol som finns lagrad inom ett område eller ett system.

Kolsänka – Om mer kol tas upp i ett system än vad som frigörs under en given tidsperiod kallas det för kolsänka. Om systemet däremot ger ifrån sig kol kallas det för kolkälla.

Naturgas – Ett fossilt bränsle som består till 90 procent av metan. Vid förbränning ger naturgasen lägre halter av miljöskadliga ämnen jämfört med olja.

Styrmedel – Ett styrmedel ger incitament eller styrning som begränsar eller ökar användningen av en tjänst eller vara, till exempel en skogsbruksmetod eller energibärare.

Träpellets – Små stavformade, komprimerade bränslestycken som tillverkas av sågspån eller kutterspån. Pellets används som bränsle både i stora pannor för fjärrvärmeproduktion och i mindre pannor i småhus.

Rötning – Styrd biologisk nedbrytning under anaeroba förhållanden varvid organiskt material omvandlas till biogas.

toe – Ton oljeekvivalenter, är en energimängd: 1 000 kWh = 11,63 toe.

Torv – Organisk jordart som bildas i fuktig och syrefattig miljö genom ofullständig nedbrytning av döda växt- och djurdelar. Torv nybildas mycket långsamt och utsläppen av koldioxid från förbränning av torv ska därför betraktas på samma sätt som utsläppen från fossila bränslen.

Virkesförråd - Volym i kubikmeter av träd på en viss areal. Virkesförrådet kan skattas via funktioner som baseras på mätningar som skattar grundytan (den sammanlagda arean av trädens stammar vid 1,3 meters höjd sett uppifrån) och trädens medelhöjd.

1 Den globala utmaningen

Den globala uppvärmningen och dess effekter måste begränsas till hanterbara nivåer. För att avsevärt reducera utsläppen av växthusgaser måste den höga globala förbrukningen av fossila bränslen snabbt fasas ut och utsläppen från avskogning upphöra.

Hållbar bioenergi har potential att bli en betydande del av en kostnadseffektiv, förnybar energimix i Europa och globalt. Om den tillåts stå för en större del av energiförsörjningen minskar risken att omställningen i energisektorn försenas.

1.1 Fossila bränslen behöver bytas ut

Växthusgaser ackumuleras fortfarande i atmosfären vilket innebär att klimatförändringen fortsätter i snabb takt. Ett positivt tecken är att de globala utsläppen inte har ökat under flera av de senaste åren. Det är ändå helt nödvändigt att kraftigt reducera utsläppen under kommande decennier för att motverka att klimatförändringarna blir ohanterliga.

Parisavtalet¹ går ut på att temperaturökningen måste hållas under 2 °C och allra helst under 1,5 °C. Det betyder bland annat att de globala utsläppen av koldioxid från fossila bränslen och avskogning måste börja minska senast år 2020 och i princip upphöra senast 2050, samtidigt som utsläpp av andra växthusgaser måste begränsas till låga nivåer^{2,3}. Denna utmaning förutsätter en ökad energieffektivitet i många sektorer och att fossilbaserade material och fossila bränslen ersätts med förnybara material och energilag.

1.2 Global energiförsörjning och användning

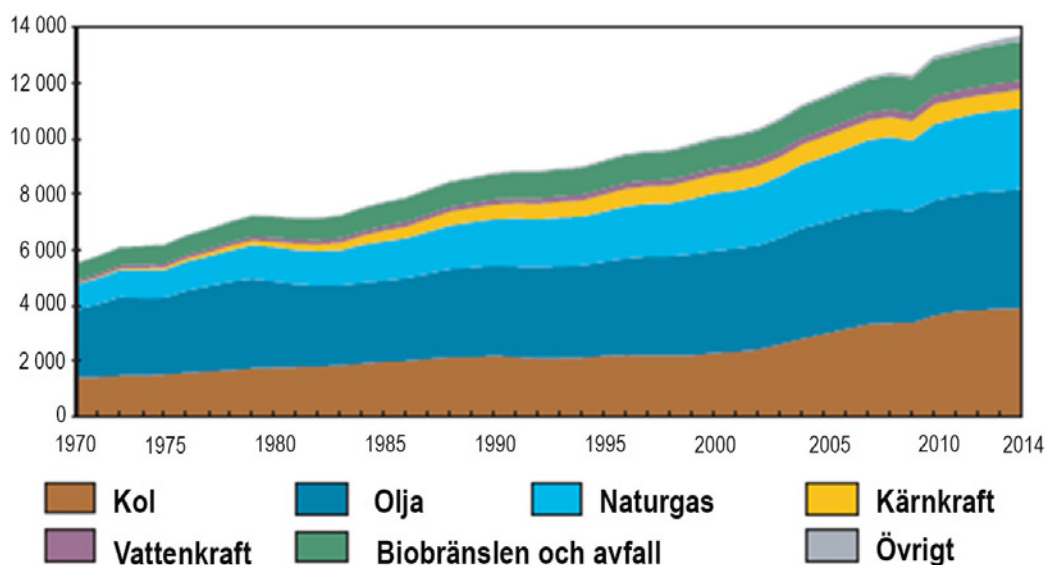
Den globala efterfrågan på energi ökar fortfarande (*figur 1*). Efterfrågan växer i takt med den ekonomiska utvecklingen och många utvecklingsregioner behöver en ökad tillgång till bland annat elektricitet och transporter. Energianvändningen ökar från en högre per capita-nivå även i många industriländer. Det finns en stor potential både att öka effektiviteten i energianvändningen i många regioner och att åstadkomma en mer klimatvänlig energiförsörjning. I EU har energitillförseln minskat med cirka 8 procent mellan 2005 och 2015, samtidigt som andelen förnybar energi har ökat från 7 procent till 13 procent⁴.

¹ Parisavtalet är ett klimatavtal som världens länder kom överens om i Paris 2015. Målet är att den globala temperaturökningen ska hållas långt under två grader, och att vi ska verka för att den ska stanna vid 1,5 grader.

² Rogelj J, Luderer, Pietzcker RC, Kriegler E, Schaeffer, Krey & Riahi K. 2015. Energy system transformations for limiting end-of-century warming to below 1.5 °C. *Nature Climate Change*: 519–527.

³ Man har beräknat hur mycket kol som maximalt kan släppas ut på global nivå för att olika temperaturmål ska kunna nås med en viss sannolikhet.

⁴ Eurostat. Statistics explained. File: Net imports of primary energy, 2005-2015. http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Net_imports_of_primary_energy,_2005-2015_YB17.png (Hämtad 2017-10-31).



Figur 1. Världens totala energiförsörjning från 1971 till 2014 uppdelat på bränsle [Mtoe] (1 Mtoe motsvarar ungefär 10 terawattimmar). Den globala efterfrågan på energi ökar i takt med den ekonomiska utvecklingen när utvecklingsregioner behöver en ökad tillgång till bland annat elektricitet och transport. Även i utvecklade länder ökar energianvändningen. Bild från internationella energirådet (International Energy Agency), 2016.

Den globala tillförseln av energi domineras av fossila bränslen. År 2014 stod olja, kol och naturgas för mer än 80 procent av energitillförseln (figur 1). Biobränslen svarar för cirka 10 procent av världens energitillförsel. Av biobränsleanvändningen är ungefär 90 procent traditionell användning av biomassa för värme och matlagning i glesbefolkade länder och utvecklingsländer⁵.

Inom OECD⁶ domineras elproduktionen av fossila bränslen (58 procent), med kol och naturgas i ungefär lika stora delar⁷. Förnybara resurser som används för elproduktion utgörs av vattenkraft (13 procent) och övriga resurser, inklusive geovärme, sol, vind och biomassa (11 procent). En stor del av världens elproduktion sker i kondenskraftverk där cirka två tredjedelar av energin i bränslet blir värmeförluster. När kondenskraft ersätts med vind- eller solex är därför minskningen av bränsletillförseln cirka tre gånger så stor som den nya elproduktionen.

Bränslen används på olika sätt i olika sektorer. Transporter drivs till exempel huvudsakligen med olja, medan bostäder, samt privat och offentlig sektor främst använder el och gas⁸. Den globala energianvändningen 2016 var störst i industrisektorn, följt av transport- och bostadssektorerna (figur 2).

⁵ World Energy Council. Energy resources. Biomass. www.worldenergy.org/data/resources/resource/biomass/ (Hämtad 2017-10-22).

⁶ The Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) inkluderar 35 medlemsländer från Nord- och Sydamerika, Europa och Asien-Stillahavsområdet. Även Sverige är medlem i OECD.

⁷ IEA 2016. International Energy Agency. Key World Energy trends. www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorldEnergyTrends.pdf (Hämtad 2017-10-22).

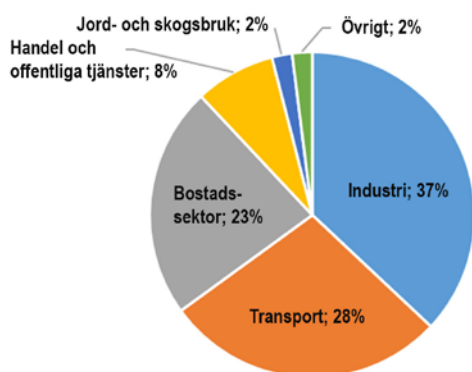
⁸ IEA 2016. International Energy Agency. Key World Energy trends. (Hämtad 2017-10-22). www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorldEnergyTrends.pdf (Hämtad 2017-10-22).

1.3 Bioenergi i en global energiomställning

En kombination av olika förnybara och energieffektiva tekniker kan samverka i omställningen till ett samhälle som är mindre beroende av fossila bränslen⁹.

Biomassaeldad kraftvärme kan ersätta separat värme- och elproduktion baserad på fossila bränslen, både inom industrin och inom fjärrvärmesystemen. Det förbättrar resurseffektiviteten samtidigt som utsläppen av växthusgaser reduceras. Elproduktion som är baserad på biobränsle kan tillsammans med vattenkraft, energilagring och anpassad elförbrukning även bidra till att balansera den väderberoende elproduktionen, till exempel vind- och solkraft. Biobränslen kan också användas för uppvärmning av enskilda byggnader och även här är ökningspotentialen stor.

I transportsektorn kan fossila bränslen successivt ersättas med en kombination av eldrift, biodrivmedel och effektivare fordon. Ökad kollektivtrafik och färre affärsresor till följd av förbättrade möjligheter för distansmöten är andra exempel som kan minska energianvändningen inom transportsektorn.



Figur 2. Global energianvändning per sektor år 2016. Mest energi används i industri- och transportsektorerna, följt av bostadssektorn. Bild från internationella energirådet (International Energy Agency), 2016.

1.4 Från fossila till hållbara energisystem

Att utvinna, processa och transportera fossila bränslen orsakar, utöver klimateffekter, ofta omfattande skador på mark och miljö. Exempel är oljeutsläpp med effekter på marint liv längs kusterna, gasläckage från frackning¹⁰ till grundvatten och markförstörelse från dagbrott för att utvinna kol. För att utveckla hållbara energisystem behöver alla energislag uppfylla nödvändiga hållbarhetskrav och följa relevanta riktlinjer och metoder.

Omställningen till förnybara energisystem bör kombinera en politik som leder till att fossila bränslen fasas ut med åtgärder som säkrar hållbarheten i energiförsörjningen.

⁹ IRENA, 2016. International Renewable Energy Agency. REmap: Roadmap for a Renewable Energy Future, 2016 Edition. International Renewable Energy Agency (IRENA), Abu Dhabi, www.irena.org/remap (Hämtad 2017-10-22).

¹⁰ Frackning innebär att man spränger upp sprickor i berggrunden (hydraulisk spräckning) och tar upp olja och gas från skiffer.

Det är en stor utmaning att reducera andelen fossila bränslen i den globala energitillförseln, men den är inte alls omöjlig. Tack vare att man infört klimatpolitiska styrmedel har fossila bränslen börjat fasas ut i vissa sektorer i vissa länder. Exempelvis har alternativen för en kostnadseffektiv och förnybar elproduktion dramatiskt förbättrats under senare årtionden genom att priserna på vind- och solkraft har fallit¹¹. Vidare ersätts fossila bränslen med biobränslen i Sverige och en rad andra länder, främst för produktion av värme och kraftvärme och för fordonstransporter.

1.5 Bioenergi från jord- och skogsbruk

Globalt är bioenergi till stor del baserad på restprodukter och biprodukter från skogsbruk¹², jordbruk och biomassabaserade branscher som sågverks-, massa-, pappers- och livsmedelsindustrin. Även den träbaserade tillverkningsindustrin (till exempel golvproduktion) bidrar, liksom de biobaserade restprodukterna i samhällets avfall.

En stor del av biomassan från stamved, till exempel spån, spillved och urkokat lignin, samt bark, används till energiändamål i samband med produktionen av trävaror och pappersmassa. Effektiviteten i hur restprodukternas energiinnehåll tillvaratas varierar stort mellan olika länder. I vilken grad avverkningsrester, det vill säga grenar, toppar och i vissa fall även stubbar, tillvaratas vid slutavverkning av skog varierar också kraftigt. Även gallringsvirke från skog kan ibland nyttjas för energiändamål. Vidare används i vissa fall biprodukter inom skogsindustrin till att producera fordonsbränslen.

Jordbruket bidrar med bioenergi genom odling av energiskog eller energigrödor. Även halm och andra restprodukter används ibland till energiändamål. Globalt viktiga grödor för produktion av fordonsbränsle är sockerrör, majs, vete och raps.

1.6 Bioenergi i ett klimatperspektiv

Generellt

På global nivå orsakar utsläpp från jordbruk, skogsbruk och annan markanvändning ungefär en fjärdedel av de totala utsläppen av växthusgaser och det finns en betydande potential att minska dessa utsläpp¹³. För att klara de långsiktiga temperaturmålen behöver utsläpp från avskogning minska och kolsänkor främjas till exempel genom återbeskogning och restaurering av skogar som är utarmade på kol¹⁴.

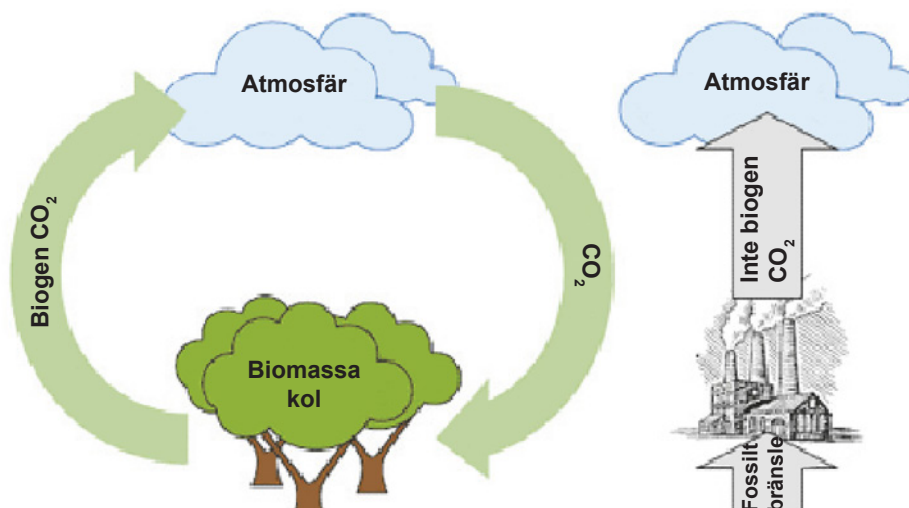
¹¹ IRENA 2015. Renewable Power Generation Costs in 2014. <http://www.irena.org> (Hämtad 2017-11-01).

¹² Forest Research, 2014. Review of literature on biogenic carbon and life cycle assessment of forest bioenergy. Final Task 1 report, DG ENER project, "Carbon impact of biomass consumed in the EU". https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/2014_biomass_forest_research_report_.pdf (Hämtad 2017-11-01).

¹³ IPCC. 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

¹⁴ UNEP. 2017. The Emissions Gap Report 2017. United Nations Environment Programme (UNEP), Nairobi.

Hållbart producerad biomassa från produktionsskogar och jordbruk där kolförråden i biomassa och mark bibehålls är en del av kolcykeln och bidrar inte till nettoutsläpp i den globala kolbudgeten (*figur 3*).



Figur 3. När man använder hållbart producerad biomassa från produktionsskogar för energiändamål ersätter förbränningen av biomassan en del av den naturliga nedbrytningen, vilket gör att balansen i kolförråd kan upprätthållas. Detta skiljer sig avsevärt från förbränning av fossila bränslen och torv, där nytt kol från stabila geologiska skikt och torvskikt överförs till atmosfären. Biogen koldioxid (CO₂) innehåller kol som ingår i det biologiska kretsloppet. Inte biogen koldioxid innehåller kol från fossila inlagringar. Bild: National Council for Air and Stream Improvement, USA.

Biomassa från energigrödor, gallring och restprodukter från skogsavverkning samt gödselbaserad biogas används som bränsle eller som råvara i industriella processer redan idag och kan göra det i mycket högre grad. Om biomassan är hållbart producerad och används för att ersätta fossila bränslen bidrar det till att minska utsläppen av växthusgaser.

Det finns ett flertal exempel på bioenergi som inte är hållbar i ett klimatperspektiv. Vid traditionell vedanvändning i utvecklingsländer är det inte ovanligt att man skördar mer än vad som växer till i landskapet. Ett annat exempel är att man i vissa områden har dikat ut stora arealer torvmarker för att ge plats åt palmoljeodlingar (*se avsnitt 3.2, transportsektorn*). Ett tredje exempel är att en del biobaserade fordonsbränslen har producerats med en stor mängd fossil hjälpenergi, till exempel viss majsetanol. Det sist nämnda exemplet kan bli konsekvensen av styrmedel som kräver inblandning av en viss andel biodrivmedel i bensen eller diesel utan hänsyn till hur utsläppen av växthusgaser påverkas.

Traditionell vedanvändning påverkas rimligtvis inte nämnvärt av ökad handel med biobränslen. För att inte bränslevedproduktionen i landskapet ska överutnyttjas krävs framför allt en utveckling mot bättre markförvaltning¹⁵

¹⁵ SIDA. Så ska fler få rätten till sin mark. (2014–10–03). www.sida.se/Svenska/aktuellt-och-press/nyheter/2014/Oktober-2014/sa-ska-fler-fa-ratten-till-sin-mark/ (Hämtad 2017–11–21).

och levnadsförhållanden. En introduktion av moderna bioenergisystem kan istället möjliggöra en ordnad lokal energi- och råvaruförsörjning även i många utvecklingsländer, oavsett om produktionen exporteras eller inte¹⁶.

Nästan alla länder har undertecknat FN:s klimatkonvention och Parisavtalet som innebär att ekosystemens kollager och kolsänkor ska bevaras och främjas. Många länder har även inkluderat markanvändning i sina klimatplaner under Parisavtalet och åtgärder för att minska avskogningen utgör ett viktigt bidrag för att motverka klimatförändringarna¹⁷. Utsläpp av koldioxid från bioenergi kan räknas som noll om kolförrådsförändringar i skog och mark redovisas i LULUCF¹⁸-sektorn. Många länder rapporterar redan idag kolförrådsförändringar till EU och UNFCCC¹⁹ och regler för rapportering under Parisavtalet som omfattar alla länder ska färdigställas under 2018.

Energi från jordbruket

Odling av ettåriga energigrödor på åkermark påverkar normalt inte kollagren i marken nämnvärt. Mängden kol som hålls i biomassan varierar över tiden men genom nedbrukning av halm och tillförsel av organiskt material i form av stallgödsel eller rötresten kan markens kolförråd bibehållas. Produktionen av perenna energigrödor, till exempel salix, på odlingsbar mark resulterar normalt i en ökning av kolförrådet i biomassa och mark jämfört med traditionell odling av ettåriga grödor^{20, 21, 22, 23}. Vid uppodling av naturliga gräsmarker och skog har man emellertid oftast en omställningsfas då kolförråden minskar.

Produktion av biogas från stallgödsel ger en positiv klimateffekt i dubbel bemärkelse: den både minskar utsläppen av växthusgaser vid lagring av stallgödsel och resulterar i en biogas som kan ersätta fossila bränslen^{24, 25}. Dessutom bidrar den återstående rötresten till ett ökat kolinnehåll i marken när den används som gödningsmedel. Att ersätta konstgödsel med rötresten är

¹⁶ Clemens J, Trimbom M, Weiland P & Amon B. 2006. Mitigation of greenhouse gas emissions by anaerobic digestion of cattle slurry. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 112:171–177.

¹⁷ Grassi G, House J, Dentener F, Federici S, den Elzen M & Penman J. 2017. The key role of forests in meeting climate targets requires science for credible mitigation. *Nature Climate Change*. <http://dx.doi.org/10.1038/nclimate3227>.

¹⁸ LULUCF (Land Use, Land-Use Change and Forestry) står för markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk. Det handlar om att redovisa förändringar i kolförrådet för olika marktyper.

¹⁹ United Nations. Framework convention of climate change <http://unfccc.int/2860.php>.

(Hämtad 2017–10–20).

²⁰ Hillier J, Whittaker C, Aylott M, Casella E, Richter GM, Riche A, Murphy R, Taylor G & Smith P. 2009. Greenhouse gas emissions from four bioenergy crops in England and Wales: integrating spatial estimates or yield and soil carbon balance in life cycle analyses. *GCB Bioenergy* 1: 267–281.

²¹ Xiong S & Kätterer T. 2010. Carbon-allocation dynamics in reed canary grass as affected by soil type and fertilization rates in northern Sweden. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science* 60: 24–32.

²² Dimitriou I, Mola-Yudego B, Aronsson P & Eriksson J. 2012. Changes in organic carbon and trace elements in the soil of willow short-rotation coppice plantations. *Bioenergy Research* 5: 563–572.

²³ Rytter RM. 2012. The potential of willow and poplar plantations as carbon sinks in Sweden. *Biomass and Bioenergy* 36: 86–95.

²⁴ Sommer SG, Petersen SO & Søgaard HT. 2000. Greenhouse gas emission from stored livestock slurry. *J. Environ. Qual.* 29: 744–751.

²⁵ Clemens J, Trimbom M, Weiland P & Amon B. 2006. Mitigation of greenhouse gas emissions by anaerobic digestion of cattle slurry. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 112:171–177.

klimateffektivt också eftersom produktionen av konstgödsel är energikrävande. Biogasproduktion gör det även möjligt att öka användningen av andra rest- och biprodukter än gödsel vilket leder till ökad resurseffektivitet.

Bioenergi baserad på råvara från skog

Den bioenergi som först blir lönsam är användning av restprodukter från skogsbruk och skogsindustri. Vid förbränningen frigörs i stort den mängd kol som skulle ha släppts ut till atmosfären inom cirka 15 år om restprodukterna hade lämnats att förmultna i skogen eller på deponi.

Som ett nästa steg kan efterfrågan på bioenergi göra gallring av skog mer lönsam. En ökad gallring minskar den så kallade självgallringen, där mindre träd dör på grund av ljusbrist och ökar tillväxten i träden som är kvar. Samtidigt ökar gallringen skogens värde för sågverksindustrin genom en högre virkesproduktion, vilket i förlängningen kan minska behovet av betong och andra material som orsakar utsläpp av växthusgaser.

När skog får ett industriellt värde bekämpar man bränder i högre grad än annars, vilket gör att skillnader i kollager mellan produktionsskog och naturskog i brandpräglade ekosystem kan antas minska i stora drag. Detta gäller framförallt i boreala²⁶, sydliga tempererade och semiarida områden. Dock finns det stora skillnader i kollager mellan olika skogar. Även inom brandpåverkade naturskogor finns det fuktigare områden där det sällan brinner och där stora kolförråd kan byggas upp.

Den historiska utvecklingen i Sverige visar att ökad efterfrågan på skogsbiomassa leder till att skogsägare och samhället satsar på skogsförnyring och skogsskötsel, både på befintlig skogsmark och på övergiven jordbruksmark.

I Sverige har virkesförrådet i skogen fördubblats sedan 1920-talet. Även avverkning och bioenergianvändning har ökat (*se avsnitt 3.1*). Sedan 1980-talet har kolförrådet ökat med mer än 15 procent, mycket tack vare att virke haft ett försäljningsvärde som gjort att samhället och skogsägarna har satsat på en tillväxtinriktad skogsskötsel. Att svedjebruk²⁷ och skogsbete har upphört och att bränder hindras i stor utsträckning bidrar troligen fortfarande till en ökning av produktivitet och humuslager. Ökningen av kolförrådet innebär att koldioxid har tagits upp från atmosfären. Även kolförrådet i skogsmarken har ökat sedan uppföljningarna av markkolet startade på 1990-talet. Ökningen gäller även när pågående förluster av koldioxid från dränerade skogliga torvmarker tas med i beräkningen.

²⁶ I Kanada har det sedan 1970 brunnit mellan en halv och åtta miljoner hektar skogsmark varje år. Natural resources Canada. Canadian Wildland Fire Information System (2017–11–120). <http://cwfis.cfs.nrcan.gc.ca/ha/nfdb> (Hämtad 2017–11–20).

²⁷ Svedjebruk innebär att hugga ner och bränna skog för att mark och vegetation ska tillgodogöra sig näring för odling. Svedjebruk förekom tidigare i Norden och är idag vanligt i tätbefolkade länder där befolkningen lever av jordbruk och behöver tillgång till mer mark för att kunna odla.

2 Bioenergi och hållbarhet

I produktionen av bioenergi behöver man ta hänsyn till flera faktorer för att den ska anses vara hållbar. De viktigaste är hur bioenergisystemet påverkar den biologiska mångfalden, marken, det avrinnande vattnet och luftkvaliteten, vilka nettoutsläppen av växthusgaser är och hur lokalbefolkningens välbefinnande påverkas. Genom att tillämpa adekvata riktlinjer och restriktioner kan och bör produktion och användning av bioenergi uppfylla relevanta hållbarhetskriterier. Förhållanden skiljer sig mellan länder och regioner, varför det kan vara svårt att tillämpa samma begränsningar överallt.

2.1 Styrmedel

Det finns exempel på produktion av biobränsle som inte är hållbar. Den är ofta förknippad med exploatering av ekosystem som medför en minskad biologisk mångfald och/eller andra negativa effekter för samhället. Ibland dräneras organogena jordar för ny produktion av biobränsle, vilket ofta medför stora utsläpp av växthusgaser. Dessa exempel understryker behovet av att ta fram åtgärder för att åstadkomma hållbar bioenergi.

För att stödja en hållbar utveckling behöver olika styrmedel visa vad som är ”bioenergi på rätt sätt”. De måste motverka ohållbar bioenergi utan att hämma utvecklingen av hållbar bioenergi. Regleringar för hållbar bioenergi och biomassabaserade produkter bör främja befintliga, effektiva hållbarhetsåtgärder och utesluta bioenergi kopplad till en ohållbar markanvändning.

Det är inte effektivt att ha höga hållbarhetskrav enbart för bioenergi. Alla biomassaprodukter, råvaror och energibärare, inklusive fossila bränslen, måste uppfylla högt ställda krav för miljö och sociala värden. Det är rimligt att tänka sig en utveckling med ökande krav på hållbar bioenergi parallellt med avvecklingen av fossila bränslen. Dels är fossila bränslen i de flesta fall mycket sämre för miljön, dels är det rimligt att höja kraven i de avseenden där det i praktiken blir hållbarhetsproblem för bioenergisystemen.

I prioriteringen av hållbarhetskrav framstår för närvarande bevarande av den biologiska mångfalden generellt som viktigast (*se avsnitt 2.3*), parallellt med minimikrav på klimatnytta. I utvecklingsländer kan även faktorer som mer direkt påverkar människors välfärd vara lika högt prioriterade.

2.2 Hållbar markanvändning

Sedan flera decennier pågår en utveckling inom flera områden för en hållbar markanvändning inom till exempel jord- och skogsbruk. Den omfattar forskning och vidareutveckling av nationell lagstiftning, samt nationella och internationella samarbeten och avtal. Arbete inom FAO²⁸, CBD²⁹, UNFCCC, Forest Europe³⁰,

²⁸ Food and agricultural organization of the United Nation. FAO. Sustainable Food and Agriculture Food and agricultural organization of the United Nation. FAO. Sustainable Food and Agriculture. www.fao.org/sustainability/en. (Hämtad 2017-10-20).

²⁹ Convention of biological diversity. www.cbd.int/ (Hämtad 2017-10-20).

³⁰ Forest Europe. <http://foresteurope.org/> (Hämtad 2017-10-20).

Montrealprocessen³¹ och ITTO³² är exempel på detta. En hållbar markanvändning omfattas även i certifiering och utveckling av standarder.

FN:s Skogsforum antog 2017 en strategisk plan för ett hållbart skogsbruk fram till 2030. Ett mål är att öka den globala skogsarealen med 3 procent, eller 120 miljoner hektar. Andra mål är att avsevärt öka arealen skyddad skog och att öka skogsbrukets bidrag till begränsade klimatförändringar³³.

De globala målen för hållbar utveckling³⁴ är relevanta för att utveckla krav för produktion av biomassa. Det gäller särskilt målen för hållbar energi (mål 7), hållbar industri, innovationer och infrastruktur (mål 9), att bekämpa klimatförändringen (mål 13) och för ekosystem och biologisk mångfald (mål 15). Nationella riktlinjer underlättar att uppfylla dessa överenskommelser.

2.3 Hållbar bioenergi

Ett antal aspekter är relevanta för bioenergi i alla länder. För att undvika negativa effekter på miljö och människor och effektivt begränsa klimatförändringarna ska produktion och användning av biomassa för energi eller andra ändamål:

- inte orsaka avskogning, minska biologisk mångfald eller markens långsiktiga produktionsförmåga av biomassa, eller försämra mark eller vattendrag på landskapsnivå³⁵;
- orsaka lägre utsläpp av växthusgaser än fossilbaserade system redan i ett medellångt och mycket lägre i ett långt tidsperspektiv;
- inte reducera kolförråden i växtlighet eller mark på landskapsnivå i någon betydande omfattning;
- säkerställa en värdig behandling av berörd arbetskraft och fortsatta möjligheter för urfolk och lokalsamhällen att använda marken (till exempel renskötsel), samt inte innebära hot mot fattiga människors livsmedelsförsörjning; och
- inte orsaka skadliga utsläpp av föroreningar, som till exempel partiklar, tungmetaller, svavel- och kväveoxider.

Nedan är fokus främst på bioenergins samspel med biologisk mångfald, effektiva klimatåtgärder och livsmedelsförsörjning. Av källförteckningen framgår litteratur om ytterligare aspekter av hållbar bioenergi.

³¹ The Montréal process. Criteria and indicators for the conservation and management of temperate and boreal forests. www.montrealprocess.org/ (Hämtad 2017-10-20).

³² ITTO. International Tropical Timber Organization. Sustaining tropical forests. www.itto.int/ (Hämtad 2017-10-20).

³³ United Nations strategic plan for forests 2017-2030. www.un.org/esa/forests/wp-content/uploads/2016/12/UNSPF_AdvUnedited.pdf (Hämtad 2017-10-20).

³⁴ United Nations. Sustainable developmental goals. www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals (Hämtad 2017-10-20).

³⁵ Det vill säga på en större yta än på fält- eller beståndsnivå.

2.4 Markanvändning, bioenergi och biologisk mångfald

All markanvändning eller av människan förändrad markanvändning har en negativ eller positiv effekt på den biologiska mångfalden. Enligt konventionen om biologisk mångfald (CBD) behövs en övergripande planering av landskapet för att säkerställa bevarandet av den biologiska mångfalden. För att uppnå detta kombinerar man ofta formellt skyddade områden, som nationalparker och andra reservatstyper, med regler för mark- och vattenanvändning.

Målen för bevarande och hållbart nyttjande av den biologiska mångfalden formuleras mer explicit i Aichimålen³⁶ i CBD, genom EU:s naturvårdsdirektiv och strategi för biologisk mångfald, samt i nationell lagstiftning och politiska mål. I flera av de svenska miljömålen ingår att uppnå en gynnsam bevarandestatus för naturligt förekommande naturtyper och arter. Detta kopplar till EU:s art- och habitatdirektiv (1992/43/EU).

2.5 Effektiva klimatåtgärder

Det finns två centrala kriterier för att bioenergisystem ska vara klimateffektiva.

För det första ska den samlade klimatpåverkan vid utvinning, produktion, transport och energiomvandling vara låg i förhållande till den klimatpåverkan som hade skett om man istället använt fossila bränslen.

För det andra bör kolförluster i landskapet till följd av ett förändrat brukande i ett längre tidsperspektiv vara små i förhållande till innehållet av kol i de fossila bränslen som annars är alternativet. Eventuella minskningar i kolförrådet redovisas i ländernas klimatrapportering³⁷.

Det är viktigt att använda relevanta skalor för tid och rum och jämförelsealternativ när man skattar bioenergins potential för att minska utsläppen av växthusgaser. Tidsaspekten har lett till diskussioner om ”återbetalningstid”. Redan i ett tioårigt perspektiv är de flesta bioenergisystem klart bättre än fossila bränslen och i längre tidsperspektiv är de överlägsna^{38, 39}.

Restriktioner för bioenergi som inte tar hänsyn till skogens långa omloppstid för att återbetala den initiala kolförlusten främjar inte effektiva klimatåtgärder. Om man ersätter ovanligt kolrika skogar med produktionsskog eller om man dikar så att man förlorar stora mängder torv (mer än två decimeter) får man emellertid kolförluster som inte återbetalas på över hundra år.

³⁶ Convention of biological diversity. Aichi biodiversity targets. www.cbd.int/sp/targets/ (Hämtad 2017-10-20).

³⁷ Sverige sammanställer årligen data om svenska utsläpp av klimatpåverkande gaser, i enlighet med klimatkonventionens riktlinjer. Utsläppen redovisas även till EU-kommissionen.

³⁸ Cowie A, Berndes G & Smith T. 2013. On the Timing of Greenhouse Gas Mitigation Benefits of Forest-Based Bioenergy. IEA Bioenergy: ExCo:2013:04.

³⁹ Berndes G, Abt B, Asikainen A, Cowie A, Dale V, Egnell G, Lindner M, Marelli, L, Paré D, Pingoud K & Yeh S. 2016. Forest biomass, carbon neutrality and climate change mitigation. From Science to policy 3. Joensuu: European Forest Institute.

En produktionsskog som inte har något annat virkesvärde än bioenergi bör kunna avverkas för att utvinna energi, förutsatt att övriga hållbarhetskriterier är uppfyllda.

Träråvara minskar behovet av betong och stål⁴⁰ och papper och kartong minskar behovet av plast. Restprodukter från alla led och färdig använda produkter förbränns till energi som minskar behovet av fossila bränslen.

2.6 Social hållbarhet

För att bioenergi ska vara hållbar måste man säkerställa att mänskliga rättigheter och arbetarskydd upprätthålls beträffande till exempel barnarbete, kollektiva förhandlingsrättigheter och arbetsmiljö. Övriga grundläggande frågor är rättigheter för mark- och vattenbruk, samt tillgång till vatten och livsmedelsförsörjning. Etiska affärsprinciper är viktiga för ekonomisk hållbarhet.

Förenta nationernas 17 globala hållbarhetsmål från 2015 omfattar flera sociala aspekter relevanta för bioenergi, såsom tillgång till energi (mål 7) och anständiga arbetsvillkor (mål 8)⁴¹. Verksamhet som rör bioenergi ska vara förenlig med dessa mål och om möjligt bidra till att uppfylla dem.

⁴⁰ Varje kubikmeter trä i ett hus minskar utsläppen från betonganvändning med 1–1,5 ton CO₂. Muntlig referens: Johan Bergh, Linnéuniversitetet.

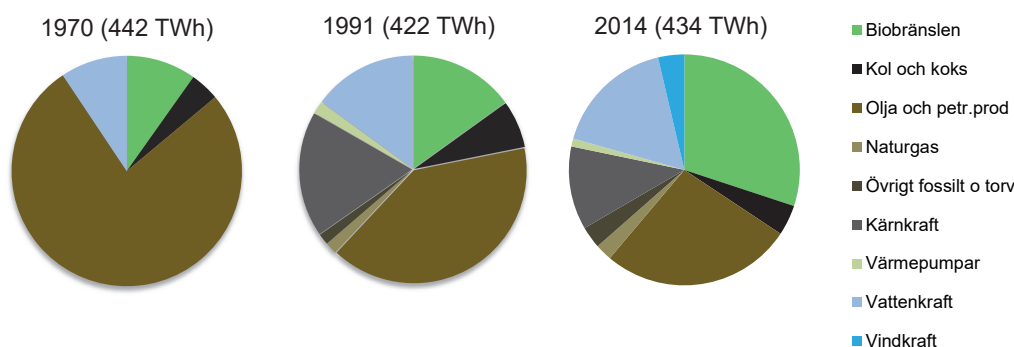
⁴¹ 17 globala mål för hållbar utveckling
<https://fn.se/vi-gor/vi-utbildar-och-informerar/fn-info/vad-gor-fn-2/fns-arbete-for-utveckling-och-fattigdomsbekampning/agenda-2030-globala-mal-for-hallbar-utveckling/17-globala-mal-for-hallbar-utveckling/>
(Hämtad 2017-11-08).

3 Hållbar bioenergi i Sverige

Användningen av bioenergi i Sverige har fördubblats under de senaste 25 åren och ligger nu på drygt 30 procent av den totala energianvändningen. Hållbarheten i produktionssystemen har successivt utvecklats till följd av olika nationella och internationella åtgärder och styrmedel.

3.1 Utveckling och drivkrafter

I Sverige har användningen av förnybar energi ökat markant under senare decennier. År 2014 stod den för över 50 procent av den totala energianvändningen. Energi- och klimatåtgärder har lett till en ökad andel bioenergi, från 15 procent 1991 till över 30 procent av den totala energianvändningen idag (*figur 4*).



Figur 4. Energitillförseln i Sverige under åren 1970, 1991 och 2015, exklusive kärnkraftens värmeförluster. Den totala energitillförseln är någorlunda konstant, medan bioenergin har ökat från 43 TWh 1970 till 134 TWh 2015. Oljan har samtidigt minskat från 336 till 119 TWh (En TWh är en miljard kilowattimmar). Uppgifterna för kärnkraft avser enbart el och inte spillvärme. Källa: Energistatistik, Energimyndigheten.

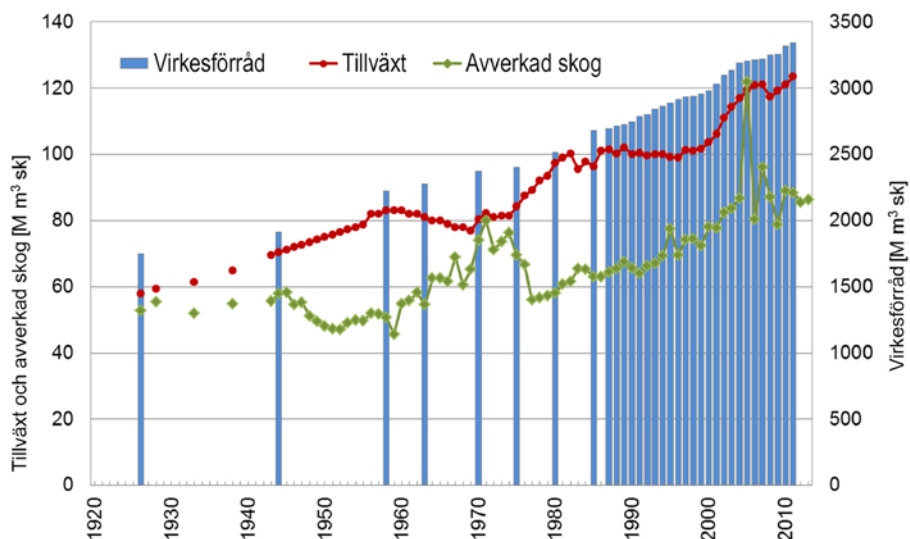
Den ökade tillförseln av biobränslen beror främst på att man bättre utnyttjar restprodukter från alla delar av skogsnäringens produktionskedja. Skogsindustrin har vuxit under denna period till följd av en ökad skogstillväxt (*figur 5*). Tillskottet av biobränslen från jordbruket har också ökat, både inhemskt producerade och importerat fordonsbränsle. Även förbränningen av avfall har ökat på bekostnad av deponering.

Parallellt med att skogstillväxt och skogsavverkningar nästan har fördubblats, har skogens virkesförråd och kolförråd ökat (*figur 5*). En liknande utveckling har skett i alla skogsrika länder i EU⁴².

Politiska beslut om att minska oljeberoendet med början under 1970-talet och koldioxidskatter på fossila bränslen sedan 1992 har varit starka drivkrafter för att ersätta fossila bränslen. Ytterligare en drivkraft infördes 2003 genom elcertifikatsystemet, vilket är ett marknadsbaserat styrmedel för att öka andelen el

⁴² Forest Europe, 2015. State of Europe's Forests 2015. www.foresteurope.org/docs/fullsoef2015.pdf (Hämtad 2017-10-20).

från förnybara energikällor. EU:s system för handel med utsläpp av växthusgaser⁴³ som infördes 2005 har däremot haft en mindre effekt för flertalet sektorer i Sverige än nationella styrmedel. Anledningen är den stora utdelningen av fria utsläppsrätter och utsläppsrätternas låga pris.



Figur 5. Den svenska skogens tillväxt, mängden avverkad skog och utveckling av skogens virkesförråd från 1925 till 2012 ($M\ m^3\ sk$ = miljoner kubikmeter)⁴⁴ på all produktiv skogsmark. Under perioden har virkesförrådet fördubblats trots att avverkningen har ökat. Det är viktigt att notera att all tillväxt inte är tillgänglig främst på grund av att skog skyddas för att bevara den biologiska mångfalden.

3.2 Råvaror och användning

Biomassa från skogs- och jordbruk

Av den totala användningen av biomassa till energiändamål år 2014 baserades cirka 110 TWh på skogsbiomassa och cirka 10 TWh på biomassa från jordbruk samt 10 TWh från avfall⁴⁵. Träbaserade bränslen utgörs främst av restprodukter från skogsavverkning och skogsindustrin (till exempel stamträ av låg kvalitet, bark, lignin från svartlut, träspill och tallolja) och samhället (den träbaserade andelen av avfallsbränsle). En mindre del träbaserade bränslen är importerade⁴⁶.

Idag bidrar det svenska jordbruket relativt lite (2 procent) till energitillförseln i Sverige. Förutom biogas och grödor för produktion av biodrivmedel ingår energiskog och vissa andra energigrödor för småskalig värme- och elproduktion.

⁴³ EU:s system med handel med utsläppsrätter för växthusgaser omfattar verksamheter inom energiförsörjning, flygsektorn och energiintensiv industri. Systemet ska skapa incitament att minska utsläppen och ett företag kan välja mellan att minska sina egna utsläpp eller att köpa fler utsläppsrätter. Utsläppsrätterna är en tillgång som kan säljas om företaget har ett överskott. På så sätt kan utsläppsminskningen ske i det land och vid den anläggning där det kostar minst.

⁴⁴ Skogsstyrelsen. 2014. Skogsstatistisk årsbok 2014. ISSN 0491-7847. ISBN 978-91-87535-05-5.

⁴⁵ Statens energimyndighet 2016a. Swedish Energy Statistics. www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2016/nu-finns-energilaget-i-siffror-2016/

⁴⁶ Statistics Sweden 2015. Produktion av oförädlade träbränslen 2015. Statistics Sweden, Örebro.

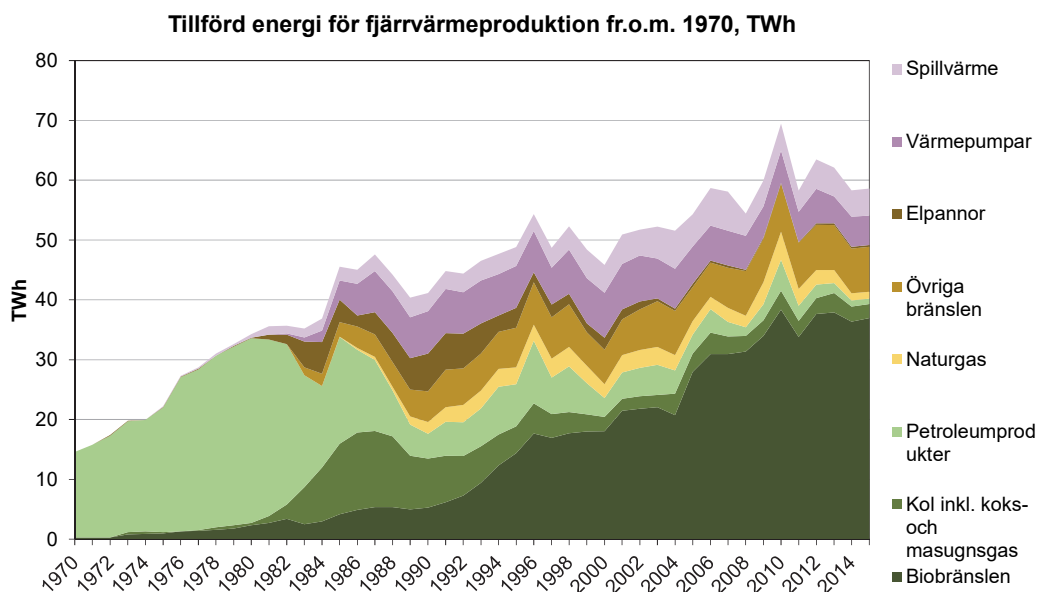
Potentialen för jordbruket att bidra till svensk energiförsörjning är större än detta, men biobränslen från jordbruket har hittills haft svårt att konkurrera med andra och billigare bränslen.

Omvandling och användning

Oförädlade restprodukter från skogsavverkning används normalt i stora pannor som producerar fjärrvärme eller i kraftvärmeverk som ger både värme och el. Fjärrvärme distribuerar varmvatten genom rör till byggnader på en ort.

Bränslet för produktion av fjärrvärme i Sverige har förändrats från enbart olja på 1970-talet, till dagens mix där biobränslen dominerar (*figur 6*). Sammantaget har expansionen av fjärrvärme och ökad användning av eluppvärmning, värmepumpar och träpellets pannor mer eller mindre ersatt oljeeldningen i enskilda byggnader.

Elproduktion baserad på biobränsle sker i kraftvärmeverk där värmen används till industriella processer eller fjärrvärme och elen levereras ut på elnätet. Eftersom värmen utnyttjas blir värmeförlusterna små. Kraftvärmeverk och rökgaskondensering⁴⁷ ger en effektiv energiomvandling och gör att nästan all energi i biobränslet används. I massfabriker används energin i det lignin som faller ut från massaproduktionen. Biomassabaserad spillvärme⁴⁸ från massa- och pappersbruk används även för fjärrvärme.



Figur 6. Tillförd energi (TWh/år) för produktion av fjärrvärme under perioden 1971–2015. På 1970-talet byggdes fjärrvärmen ut i stor skala och produktionen baserades nästan uteslutande på olja. Sedan dess har fjärrvärmen fortsatt att växa, främst på bekostnad av eldning i större byggnader. Samtidigt har fossila bränslen i produktionen i hög grad ersatts med förnybara bränslen, främst biobränslen. Bild: Statens energimyndighet⁴⁹.

⁴⁷ Rökgaskondensering innebär att man låter ångan i rökgaserna kondensera. Då avges värme som kan tas tillvara.

⁴⁸ Spillvärme är ett samlingsnamn på värmeenergi som normalt inte utnyttjats utan som har "spills" vid främst industriprocesser. Spillvärme kan tas tillvara i fjärrvärmenät.

⁴⁹ Statens energimyndighet 2017a. Energiläget 2017 ET2015:12.

Transportsektorn

Inom transportsektorn har användningen av biodrivmedel stadigt ökat under det senaste decenniet. Främst används biodiesel som HVO⁵⁰ och FAME⁵¹. Även etanol och biogas används. År 2011 användes cirka 5,5 TWh biodrivmedel och år 2016 hade användningen mer än fördubblats och låg på cirka 17 TWh. Biodrivmedel stod för cirka 19 procent av alla transportbränslen i Sverige under 2016⁵².

Större delen av de biodrivmedel som används för svenska vägtransporter är idag importerade. Detsamma gäller för merparten av spannmål och oljeväxter som används för inhemsk produktion av biodrivmedel. Palmolja eller restprodukter från palmoljeindustrin kan användas som råvaror i HVO. Under 2016 ersattes användningen av palmolja i HVO helt av restprodukten PFAD⁵³. År 2016 var 23 procent av den HVO som användes i Sverige framställd av PFAD⁵⁴.

Odling av palmolja kan orsaka negativa konsekvenser i ursprungsländerna. Storskalig avverkning och dränering av torvmarker i Indonesiens regnskogar har skett för att ge plats åt palmlantager^{55, 56}. EU:s direktiv från 2009 om främjande av användning av energi från förnybara energikällor⁵⁷ diskvalificerar inte palmoljebaserade bränslen så länge som direktivets hållbarhetskriterier för produktionssystemet är uppfyllda. PFAD klassas i dagsläget som en restprodukt enligt förnybartdirektivet⁵⁸ och behöver inte uppfylla hållbarhetskriterierna. Det kan ändå finnas skäl att undvika all användning av palmolja då en ökad efterfrågan även på certifierade palmoljeprodukter kan bidra till att öka den totala produktionen av palmolja.

Nya bestämmelser för biodrivmedel och flytande biobränsle kommer att införas i svensk lagstiftning i och med implementering av ILUC-direktivet⁵⁹. I samband med detta ses definitionerna av restprodukter över vilket kan innebära att PFAD

⁵⁰ Hydrogenerisk vegetabilisk olja, HVO är ett syntetiskt, förnybart bränsle som framställs genom hydrering av växt- och djurfetter.

⁵¹ Fettsyrametylester, FAME, är en förnybar drivmedelskomponent som kan blandas i diesel eller ersätta diesel i dieselmotorer. FAME kan framställas ur olika oljeväxter, till exempel raps.

⁵² Statens energimyndighet 2017b. Drivmedel och biobränslen 2016. ER 2017:12. Energimyndigheten. Eskilstuna.

⁵³ PFAD (palm fatty acid distillates) är en fraktion av rå palmolja som separeras vid raffinering.

⁵⁴ Statens energimyndighet 2017b. Drivmedel och biobränslen 2016. ER 2017:12. Energimyndigheten. Eskilstuna.

⁵⁵ Wilcove DS & Koh LP. 2010. Addressing the threats to biodiversity from oil-palm agriculture. *Biodiversity & Conservation* 19: 999–1007.

⁵⁶ Carlson KM, Curran LM, Ratnasari D, Pittman AM, Soares-Filho BS, Trigg SN, Gaveau DA, Lawrence D & Rodrigues HO. 2012. Committed carbon emissions, deforestation, and community land conversion from oil palm plantation expansion in West Kalimantan, Indonesia. *PNAS* 109: 7559–7564.

⁵⁷ Europaparlamentets och rådets direktiv 2009/28/EG av den 23 april 2009 om främjande av användningen av energi från förnybara energikällor och om ändring och ett senare upphävande av direktiven 2001/77/EG och 2003/30/EG.

⁵⁸ Europaparlamentet och Rådets direktiv (EU) 2015/1513 av den 9 september 2015 om ändring av direktiv 98/70/EG om kvaliteten på bensin och dieselbränslen och om ändring av direktiv 2009/28/EG om främjande av användningen av energi från förnybara energikällor.

⁵⁹ ILUC-direktivet: Europaparlamentets och rådets direktiv (EU) 2015/1513 av den 9 september 2015 om ändring av direktiv 98/70/EG om kvaliteten på bensin och dieselbränslen och om ändring av direktiv 2009/28/EG om främjande av användningen av energi från förnybara energikällor.

inte längre kommer att klassas som restprodukt och därmed måste uppfylla EU:s hållbarhetskriterier.

Regeringen har föreslagit ett nytt styrmedel för att främja användningen av biodrivmedel i bensin och diesel, en reduktionsplikt⁶⁰. Leverantörer av drivmedel ska se till att den bensin och diesel som de säljer bidrar till en viss minskning av utsläppen av växthusgaser. Reduktionsplikten är utformad för att främja biodrivmedel med så liten klimatpåverkan som möjligt och utgör ett långsiktigt stödsystem för biodrivmedel.

Torv och torvmark

De svenska torvmyrarna är upp till tusentals år gamla och nybildningen av torv sker mycket långsamt. Emissioner från torv bör därför i klimatsammanhang betraktas på samma sätt som de från fossila bränslen. Idag ges täktillstånd efter miljöprovning där naturvärden har beaktats.

I Skandinavien innebär ofta dränering av torvmark för skogs- eller jordbruksproduktion ett nettoutsläpp av växthusgaser, särskilt de första decennierna efter att grundvattennivån har sjunkit. Det beror främst på en biologisk nedbrytning av torven⁶¹. Framförallt på bördig mark i södra Sverige, där hastigheten med vilken torven bryts ned vanligen är stor, kan återvätning av dränerad torvmark bidra till minskad klimatpåverkan från utsläpp av växthusgaser.

Dränering av våtmarker kan också leda till en minskad biologisk mångfald. Därför är markavvattning förbjuden i södra Sverige och tillståndspliktig i norra. Tillstånd bör endast ges mycket restriktivt. Uppsamling av restprodukter från skogsavverkning på tidigare dränerad torvmark har dock inte någon betydande effekt på den totala kolbalansen.

Biogas

Biogas är ett förnybart bränsle som huvudsakligen består av metangas. Det bildas när organiskt material bryts ner i en syrefri miljö. År 2016 producerades cirka 1,7 TWh biogas⁶². Det mesta av råvaran är inhemsk och domineras av restprodukter och avfall, som avloppsslam, matavfall och spill från livsmedelsindustrin och detaljhandeln⁶³. Knappt 10 procent av råvaran består av gödsel.

Biogas används i transportsektorn och för att producera värme och el. I transportsektorn baserades år 2014 ungefär 7 procent av biogasen på grödor. En mindre del (2,5 procent) biogas producerades i småskaliga rötningsanläggningar på gårdsnivå.

⁶⁰ Regeringskansliet. 2017. 2017-06-08. Lagrådsremiss ID-nummer: M2017/01518/R. Reduktion av växthusgasutsläpp genom inblandning av biodrivmedel i bensin och diesel. (Hämtad 2017-11-24).

⁶¹ Jordbruksverket. 2014. Utsläpp av växthusgaser från torvmark. Rapport 2014:42.

⁶² Energimyndigheten. 2017. Sveriges biogasproduktion ökade till 2 TWh under 2016. (2017-10-02). www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2017/sveriges-biogasproduktion-okade-till-2-twh-under-2016/ (Hämtad 2017-11-21).

⁶³ Statens energimyndighet 2016a. Energiläget 2016. Energimyndigheten. Eskilstuna.

3.3 Åtgärder för hållbar bioenergi

Svenska styrmedel och målsättningar för hållbar bioenergi baseras delvis på nationella implementeringar av internationella överenskommelser eller EU-direktiv. Andra är nationellt framtagna miljöbestämmelser, mål eller åtgärdsplaner för en hållbar utveckling. Det finns även certifieringar för hållbar bioenergi.

Styrmedel kring markanvändning

Det svenska skogs- och jordbruket är reglerat för att säkerställa hållbarhet. Miljölagstiftningen har med åren utvecklats och ska balansera bevarande av natur och biologisk mångfald med samhällets behov av råvaror från skogs- och jordbruk. Ändrad markanvändning från skog till jordbruk är inte reglerat eftersom trenden sedan länge varit den motsatta. När åkermark eller betesmark tas ur jordbruksproduktion ska markägaren anmäla det till Länsstyrelsen, oavsett vilket trädslag markägaren vill plantera. Anmälningsskyldighet gäller också när åkermark lämnas till naturlig igenväxning och annan ändring av markanvändningen. Sedan år 1927 har över en fjärdedel av tidigare åkermark, det vill säga över en miljon hektar, övergetts eller blivit planterad med skog⁶⁴.

Under senare decennier har ett antal EU-direktiv⁶⁵ om bevarande av biologisk mångfald på land och i vatten implementerats i svensk lagstiftning. År 2013 infördes EU:s timmerförordning för att motverka handel med olagligt avverkat virke och trävaror från sådant virke inom EU. Timmerförordningen gäller både importerade och svenska produkter.

Ovan nämnda regelverk avser främst skogs- och jordbruk.

Förnybartdirektivet (2009/28/EG) har definierat kriterier för hållbarhet. Syftet med ett kriterium är att säkerställa en miniminivå av klimatnytta när fossila bränslen byts ut mot biodrivmedel och flytande biobränslen. Ett annat kriterium handlar om markanvändning och ändring av markanvändning, bland annat för att undvika att biobränslen tas ut från orörd skog. Endast biodrivmedel och flytande biobränslen som uppfyller kriterierna får erhålla statligt stöd eller räknas med i hur väl EU:s medlemsländer uppfyller nationella mål för förnybar energi.

Miljöaspekterna i den internationella standarden ISO 13065:2015 ”Hållbarhetskriterier för bioenergi” liknar dem som finns i de svenska miljökvalitetsmålen och kan indikera vad som är miljömässigt hållbar bioenergi (*se fördjupning 1*). Standarden har ännu inte tillämpats på den svenska marknaden.

⁶⁴ Jordbruksverkets statistik. 2005. Jordbruket i siffror, statistikrapport 2005:6.

⁶⁵ Det avser främst Rådets direktiv 1992/43/EEG av den 21 maj 1992 om bevarande av livsmiljöer samt vilda djur och växter och Europaparlamentets och Rådets direktiv 2009/147/EG av den 30 november 2009 om bevarande av vilda fåglar (Rådets direktiv 79/409/EEG av den 2 april 1979 om bevarande av vilda fåglar).

Fördjupning 1. Standard- och certifieringssystem för hållbar bioenergi

Internationella indikatorer, standarder och certifieringssystem är användbara verktyg för att beskriva och säkerställa egenskaper för hållbar bioenergi och för att underlätta internationell handel. Global Bioenergy Partnership har identifierat indikatorer för hållbar bioenergi som syftar till att vägleda analyser av bioenergins hållbarhetsaspekter.

Den internationella standarden "Hållbarhetskriterier för bioenergi" (ISO 13065:2015) redovisar kriterier och indikatorer för bioenergins försörjningskedja. Standarden avser miljömässiga, sociala och ekonomiska aspekter av hållbarhet. Den omfattar alla former av bioenergi oavsett råmaterial, geografiskt ursprung, teknik eller slutanvändning.

Forskning

Det är viktigt att kontinuerligt utveckla kunskapen om olika miljöaspekter av markanvändning. Därför stödjer såväl nationella forskningsfinansiärer och myndigheter⁶⁶ som EU-fonder både grundforskning och tillämpad forskning.

Sedan 1980-talet har Energimyndigheten och föregångare finansierat forskning om hållbar produktion och användning av biobränslen. Flera synteser och miljöbedömningar är publicerade^{67, 68, 69}. Baserat på dessa och andra forskningsresultat drar forskarna slutsatser om vilka metoder för bioenergi som är acceptabla eller inte utifrån nationella miljö kvalitetsmål. Resultaten har även påverkat innehåll i lagstiftning, certifiering och standarder.

Miljöstyrning inom skogsbruket

I nuvarande skogsvårdslag från 1993 lägger man lika stor vikt vid de båda skogspolitiska målen: produktion och miljö. Det finns också fler regler än tidigare runt hänsyn till exempel till vatten, skogens biologiska mångfald, kulturmiljöer och friluftsliv.

Uttag av avverkningsrester från skogen regleras i skogsvårdslagstiftningen med tillhörande föreskrifter. Enligt lagstiftningen får metoderna som används inte märkbart skada biologisk mångfald, kulturlämningar, eller markens långsiktiga näringsbalans och syra/basstatus. Skogsstyrelsens tolkning av skogsvårdslagen⁷⁰ är att man oftast bör återföra aska för att motverka den försurning och näringsutarmning som orsakas då även grenar och toppar skördas.

⁶⁶ Svenska myndigheter som finansierar forskning om miljöaspekter på markanvändning är till exempel Formas, Mistra, Energimyndigheten och Naturvårdsverket.

⁶⁷ de Jong J, Akselsson C, Berglund H, Egnell G, Gerhardt K, Lönnberg L, Olsson B & von Stedingk H. 2014. Consequences of an increased extraction of forest biofuel in Sweden. Swedish Energy Agency, IEA Bioenergy Task 43 Report 2014:01.

⁶⁸ Forest Ecology and Management 2016:371 och Forest Ecology and Management 2017: 383 (specialutgåvor).

⁶⁹ Scandinavian Journal of Forest Research 32:2017 (specialutgåva).

⁷⁰ Skogsstyrelsen. 2008. Rekommendationer vid uttag av avverkningsrester och askåterföring. Meddelande 2, 2008.

Det finns flera certifieringssystem för bibränslen från skog. Bland de mest kända är Sustainable Biomass Program (SBP) som idag används av större handelsaktörer för bibränslen i Sverige. Sedan tjugo år kan svenska skogsägare välja att certifiera sig för ett hållbart skogsbruk. Cirka 60 procent av den produktiva skogsmarken är idag certifierad enligt FSC⁷¹ eller PEFC⁷².

Enligt miljö kvalitetsmålet Levande skogar ska biologisk mångfald i skogen säkras och växt- och djurarter som hör hemma i skogen kunna leva vidare under naturliga betingelser och i livskraftiga bestånd. För att bidra till målet skyddar man skog i till exempel naturreservat och biotopskyddsområden (*figur 7*). Inom ramen för pågående markanvändning bör skogsbruket även spara vissa värdefulla habitat och marker i produktionsskog och ta hänsyn till natur- och kulturvärden. Vidare tillskriver skogspolitiken att skogsägarna har ett stort ansvar att fritt bidra till målen att bevara biologisk mångfald utöver vad skogsvårdslagen kräver.



Figur 7. Skyddad skog är ett viktigt bidrag för att bevara den biologiska mångfalden. Ett biotopskyddsområde med äldre naturskog i Halland (tv). Foto: Lars Jarnemo. Naturskogsartad barrskog i Norrbotten (th). Foto: Björn Ehrenroth.

Levande skogar är Sveriges officiella uttolkning av en hållbar skogsförvaltning. Utöver generella hänsynsregler för skogs- och jordbruk finns även förslag till vissa riktlinjer specifika för bioenergi⁷³. Dessa innebär att bibränsle inte får omfatta kraftigt rötade, ihåliga, mycket gamla eller döda träd eftersom de är viktiga för den biologiska mångfalden. Vidare ska produktionen av bibränslen inte förorsaka förluster av nyckelhabitat eller nyckelarter. Arbetsmetoder i skogsbruket måste minimera skador på mark och vattendrag från de maskiner som samlar upp biomassan. I den senaste fördjupade utvärderingen av Levande skogar framgår behovet av förbättringar för flera preciseringar av målet⁷⁴. Framför allt behöver ytterligare areal skyddas i form av större reservat i naturtyper som det

⁷¹ FSC. FSC Sweden. Vad är ansvarsfullt skogsbruk? <https://se.fsc.org/se-se/certifiering/> (Hämtad 2017-10-20).

⁷² PEFC. Svenska PEFC. <http://pefc.se/> (Hämtad 2017-10-20).

⁷³ de Jong J, Akselsson C, Berglund H, Egnell G, Gerhardt K, Lönnberg L, Olsson B & von Stedingk H. 2014. Consequences of an increased extraction of forest biofuel in Sweden. Swedish Energy Agency, IEA Bioenergy Task 43 Report 2014:01

⁷⁴ Naturvårdsverket. 2015. Styr med sikte på miljömålen – Naturvårdsverkets fördjupade utvärdering av miljömålen 2015. Rapport 6666. ISBN 978-91-620-6666-6, ISSN 0282-729.

råder eller kan komma att råda brist på. Vidare behöver en större andel av skogen skötas med hyggesfria metoder och hänsynen till skogens biologiska mångfald och naturmiljöer behöver förbättras.

Även om priset på svensk bioenergi skulle stiga, till följd av höjda kostnader för fossilbränslen i omvärlden, kommer det med stor sannolikhet att förbli för lågt i förhållande till timmerpriset för att påverka omfattningen av hyggesupptagningen. I dagsläget är timmerpriset mer än dubbelt så högt som priset på energived^{75, 76, 77}. de Jong med flera menar att utvinningen av avverkningsrester från barrträd för energiändamål inte märkbart behöver påverka den biologiska mångfalden under förutsättning att hänsynsreglerna respekteras, att stubbrytning endast tillåts i en begränsad omfattning och att bevarandeåtgärderna stärks⁷⁸. En ökad gallring kan under vissa omständigheter också ha positiva effekter för naturvärdena i områden som förr var starkt påverkade av skogsbyte.

Styrmedel inom jordbruket

I jordbrukslandskapet bygger både kultur- och naturvärden på en kontinuerlig användning av marken. Inom EU är jordbruket reglerat av den gemensamma jordbrukspolitik (CAP)⁷⁹, där effektivitet, konkurrenskraft och hållbarhet är de främsta målen. Styrmedel som rådgivning, ekonomisk kompensation för miljöåtgärder och investeringsstöd används för att nå målen.

En rad miljöåtgärder inom jordbruket rör biologisk mångfald och ekosystemtjänster i jordbrukslandskapet. De omfattar exempelvis skydd av värdefulla habitat från exploatering, liksom skötsel och restaurering av ängs- och naturbetesmarker med hög biologisk mångfald. Andra åtgärder är restaurering eller anläggning av våtmark. Restaureringsåtgärder resulterar ofta i biomassa som kan användas för energiändamål. Utöver allmänna bestämmelser för att bevara naturvärden i jordbrukslandskapet finns särskilda kriterier i direktivet om förnybar energi som gäller för produktion av jordbruksgrödor som ska användas till bioenergi.

Som svar på EU:s klimat- och energistrategi omfattar CAP incitament för att öka resurseffektivitet samt produktion och användning av förnybar energi. Detta inkluderar även bioenergi vilket kan medföra flera miljönyttor. Positiva

⁷⁵ Energimyndigheten. 2015. Sveriges officiella statistik. Statistiska meddelanden EN 0307 SM 1503. Trädbränsle- och torvpriser. Nr 3, 2015.

⁷⁶ Skogsstyrelsen. Rundvirkespriser. www.skogsstyrelsen.se/statistik/statistik-efter-amne/rundvirkespriser/ (Hämtad 2017-11-15).

⁷⁷ Idag motsvarar energipriset ca 210–230 kr per kubikmeter (m³sk) vid korta transportavstånd, vilket kan jämföras med typiska timmerpriser på 450–550 kr per kubikmeter. Däremot kan högre energipriser betyda att massavedspriset pressas upp så att fler gallringar blir lönsamma. Energivedspriserna kan redan idag ibland konkurrera med massavedspriset (cirka 230–250 kr per kubikmeter) (jfr till exempel www.mellanskog.se/tjanster/Virkespriser/ och www.mellanskog.se/tjanster/Salja-skogsbransle/Bransleved/) (Hämtad 6 nov 2017).

⁷⁸ de Jong J, Akselsson C, Berglund H, Egnell G, Gerhardt K, Lönnberg L, Olsson B & von Stedingk H. 2014. Consequences of an increased extraction of forest biofuel in Sweden. Swedish Energy Agency, IEA Bioenergy Task 43 Report 2014:01.

⁷⁹ EU:s gemensamma jordbrukspolitik, CAP (Common Agricultural Policy). European Commission. Jordbruk och landsbygdsutveckling. (2017-03-30). https://ec.europa.eu/agriculture/cap-overview_sv (Hämtad 2017-11-27). https://ec.europa.eu/agriculture/cap-overview_en

sidoeffekter av bioenergi från jordbruket är att produktionen av biomassa kan öka variationen och antalet arter i landskapet^{80, 81}. Det gäller framför allt snabbväxande energiskog och andra fleråriga energigrödor i ett jordbrukslandskap som annars är dominerat av ettåriga grödor. Den biologiska mångfalden är generellt sett större i ett heterogent landskap med många olika grödor och landskapselement och de fleråriga grödorna kan bidra till ökad förekomst av både kärlväxter^{82, 83} och fåglar^{84, 85}. Vid sidan av att öka biologisk mångfald kan odling av perenna energigrödor resultera i lägre näringsläckage jämfört med ettåriga grödor.

Energiskogsodlingar med till exempel poppel, hybridasp och salix kan även rena lakvatten⁸⁶ från avfallsdeponier och avloppsvatten^{87, 88, 89}. Dessutom kan Salix användas för att extrahera föroreningar och reducera kadmium och andra tungmetaller från jorden^{90, 91}.

På grund av de positiva miljöeffekterna omfattar det svenska landsbygdsprogrammet ett investeringsstöd för plantering av energiskog på åkermark (*figur 8*). Som en följd av förgröningen⁹² av EU:s jordbrukarstöd kan åkermark med Salix användas som en så kallad ekologisk fokusareal i gårdsstödet.

⁸⁰ Tschamtker T, Klein AM, Krüess A, Steffan-Dewenter I & Thies C. 2005. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity-ecosystem service management. *Ecology Letters* 8: 857–874.

⁸¹ Rowe R, Street N & Taylor G. 2007. Identifying potential environmental impacts of large-scale deployment of dedicated bioenergy crops in the UK. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13: 271–290.

⁸² Weih M, Karacic A, Munkert H, Verwijst T & Diekmann M. 2003. Influence of young poplar stands on floristic diversity in agricultural landscapes. *Basic Applied Ecology* 4:149–156.

⁸³ Baum S, Bolte A & Weih M. 2012. Short Rotation Coppice (SRC) Plantations Provide Additional Habitats for Vascular Plant Species in Agricultural Mosaic Landscapes. *Bioenergy Research* 5: 573–583.

⁸⁴ Berg Å. 2002. Breeding birds in short-rotation coppices on farmland in central Sweden—the importance of Salix height and adjacent habitats. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 90: 265–276.

⁸⁵ Sage R, Cunningham M & Boatman N. 2006. Birds in willow short-rotation coppice compared to other arable crops in central England and a review of bird census data from energy crops in the UK. *Ibis*, 148: 184–197.

⁸⁶ Lakvatten är en vätska som rinner genom, tränger ut ur eller innehåller avfall under deponering, mellanlagring eller transport.

⁸⁷ Hasselgren K. 2003. Use and treatment of municipal waste products in willow biomass plantations. Results from field experiments with wastewater, sewage sludge and landfill leachate. Licentiate Thesis, Report No. 3242, Department of water resources engineering, Lund Institute of Technology, Lund University;

⁸⁸ Dimitriou I & Aronsson P. 2011. Wastewater and sewage sludge application to willows and poplars grown in lysimeters – Plant response and treatment efficiency. *Biomass and Bioenergy* 35: 161–170.

⁸⁹ Dimitriou I & Rosenqvist H. 2011. Sewage sludge and wastewater fertilization of short rotation coppice (SRC) for increased bioenergy production – Biological and economic potential. *Biomass and Bioenergy* 35.

⁹⁰ Berndes G, Fredriksson F & Börjesson P. 2004. Cadmium accumulation and Salix-based phytoextraction on arable land in Sweden. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 103: 207–223.

⁹¹ Van Slycken S, Witters N, Meiresonne L & Vangronsveld LJ. 2013. Field evaluation of willow under short rotation coppice for phytomanagement of metal-polluted agricultural soils. *International journal of phytoremediation* 15: 677–689.

⁹² European Commission. European rural development. 2017–02–22. https://ec.europa.eu/agriculture/direct-support/greening_en (Hämtad 2017–10–20).



Figur 8. Energigrödor som *Salix* ger förnybar energi som är en av flera utvecklingsmöjligheter för landsbygdens företag. Lantbrukare kan både bli självförsörjande på energi och bidra till samhällets energiförsörjning. Foto: Per Aronsson.

En klimateffektiv bioenergi

För att bioenergi ska begränsa klimatförändringarna måste energiinsatsen för att utvinna, transportera och förädla biobränslet vara låg jämfört med energiinnehållet i själva bränslet. Detta gäller för alla system som producerar fasta biobränslen i Sverige. Energiåtgången per levererad enhet biobränsle är ofta som högst 5 procent av energiinnehållet i halm, avverkningsrester, rundvirke och snabbväxande energiskog^{93, 94}.

För bränslen baserade på grödor är odling, gödsling och effektiviteten i energiomvandlingen viktiga faktorer för att få ett klimateffektivt biobränsle. Biobränslen används i allmänhet med hög energi- och resurseffektivitet i industrin, för fjärrvärme, i kraftvärmeverk och i småskaliga pelletssystem. Effektiviteten i industriell förädling till biodrivmedel är en större utmaning, men det finns redan resurseffektiva lösningar⁹⁵ och fler är under utveckling⁹⁶.

Återväxt av skog är viktig för att säkerställa kolbalansen på landskapsnivå. EU:s klimat och energipolitiska ramverk för 2030 inkluderar LULUCF. Det innebär att förändringar i kolförråden redovisas i LULUCF-sektorn och att förbrukningen av biomassa för energiändamål kan rapporteras som noll-utsläpp. På detta sätt undviker man en dubbel redovisning av utsläpp från förbrukningen av bioenergi.

⁹³ Börjesson P. 2016. Potential för ökad tillförsel och avsättning av inhemsk biomassa i en växande svensk bioekonomi. Lunds universitet, Institutionen för teknik och samhälle, Avdelningen för miljö- och Energisystem. Rapport nr. 97.

⁹⁴ Lindholm E-L. 2010. Energy use and environmental impact of roundwood and forest fuel production in Sweden. Dissertation Uppsala: Sveriges Lantbruksuniversitet, Acta Universitatis agriculturae Sueciae, 1652–6880; 2010:40.

⁹⁵ Lantmännen Agroetanol. Vi skapar lösningar för en hållbar framtid. www.lantmannenagroetanol.se/ (Hämtad 2017-10-20).

⁹⁶ IRENA 2016. Innovation Outlook: Advanced Liquid Biofuels. ISBN 978-92-95111-51-6 (print). ISBN 978-92-95111-52-3 (PDF).

Drygt 15 procent av Sveriges landareal är torvmark, det vill säga torvlagret är tjockare än 30 cm. Torven finns i öppna eller skogklädda myrar samt i dränerade torvmarker som används för skogs- eller jordbruksproduktion. Sedan 1993 är ny dränering av våtmarker förbjudet i delar av södra Sverige och tillståndspliktigt i resterande delar av landet.

Arbetskydd, sociala och kulturella värden

Att odla, utvinna och handla med biobränslen bidrar i allmänhet till att stärka den ekonomiska livskraften för företag på landsbygden.

Biobränslen från jord- och skogsbruk kan erbjuda lokala lösningar som förbättrar försörjningstryggheten för energi. För att förbättra samernas förhållanden och deras traditionella rätt att använda mark har Skogsstyrelsen och Sametinget utvecklat dialog och samarbete mellan skogsbrukets aktörer och renhållande samer som rör avverkning och andra frågor kring ett gemensamt nyttjande av områden.

Enligt skogsvårdslagen ska man undvika körskador och att förstöra stigar vid skogsbruksåtgärder. Det gäller till exempel när avverkningsrester transporteras bort från avverkad skog. Även skador på kulturlämningar ska undvikas. Skogssektorn införde 2012 en branschgemensam policy för att reducera körskador på skogsmark, men körskador är fortfarande ett stort problem i skogsbruket.

Utsläpp av föroreningar

Utsläpp av framför allt partiklar och kväveoxider från förbränning av biomassa måste hållas låga genom rökgasrensning och att ha rätt luftflöde och temperatur. EU-bestämmelser⁹⁷ definierar utsläppsgränser för föroreningar från bioeldade pannor och andra anläggningar för förbränning. Gränsvärden är även definierade på EU-nivå för bästa tillgängliga teknik för partikelutsläpp.

I Sverige betalas en kväveoxidavgift för stora pannor vars utsläpp överstiger genomsnittet. Avgiften har reducerat utsläppen av kväveoxid per producerad enhet energi med mer än 50 procent sedan 1992. Det finns även riktlinjer för åtgärder som reducerar utsläpp, både vid stor- och småskalig förbränning av biobränsle.

Miljökvalitetsmålen

Sveriges miljömålssystem innehåller sexton miljökvalitetsmål⁹⁸ som beskriver det tillstånd i miljön som miljöarbetet ska leda till. Målen med mest relevans för bioenergi är: Begränsad klimatpåverkan; Frisk luft; Bara naturlig försurning; Giftfri miljö; Ingen övergödning; Levande sjöar och vattendrag; Myllrande

⁹⁷ Till exempel Europaparlamentets och rådets direktiv 2010/75/EU av den 24 november 2010 om industriutsläpp (samordnade åtgärder för att förebygga och begränsa föroreningar); Kommissionens förordning (EU) 2015/1189 av den 28 april 2015 om genomförande av Europaparlamentets och rådets direktiv 2009/125/EG av den 21 oktober 2009 om upprättande av en ram för att fastställa krav på ekodesign för energirelaterade produkter; och Europaparlamentets och rådets direktiv 2015/2193/EU av den 25 november 2015 om medelstora förbränningsanläggningar (begränsning av utsläpp till luften av vissa föroreningar).

⁹⁸ Naturvårdsverket. Miljökvalitetsmålen. 2017–08–17. www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Sveriges-miljomal/Miljokvalitetsmalen/ (Hämtad 2017–10–20).

våtmarker; Levande skogar; Ett rikt odlingslandskap; och Ett rikt växt- och djurliv.

Det finns även ett övergripande generationsmål som anger inriktningen för den samhällsomställning som behöver ske inom en generation för att nå miljökvalitetsmålen. Generationsmålet är vägledande för miljöarbetet på alla nivåer i samhället. Häri ingår resurs- och energieffektivitet, liksom hållbar användning av naturresurser.

Åtta myndigheter ansvarar för uppföljningen av de olika målen. Länsstyrelserna koordinerar det regionala arbetet med att nå målen och övervaka utvecklingen, med undantag av Levande skogar där Skogsstyrelsen är ansvarig myndighet. Insatser från kommuner, företag, markägare och andra myndigheter och aktörer är väsentliga för att nå målen. Genom regelbundna utvärderingar föreslås förbättrade åtgärder för att nå målen.

4 Framtiden: Bioenergi på rätt sätt

Förbättrade främjande klimatpolitiska styrmedel kan öka efterfrågan på bioenergi som ett alternativ till fossila bränslen. Det är möjligt att ställa om från fossilbaserade till förnybara energisystem om tillgängliga och hållbara resurser används effektivt. Bioenergin ska bedömas utifrån sin hållbarhet med avseende på bland annat råvara, teknik för produktion och användning samt förhållandena där råvaran kommer ifrån.

4.1 En utvecklad bioenergi globalt och i Sverige

Globala aspekter

Globalt finns en stor potential att öka produktion och användning av biomassa för energi och för andra ändamål^{99, 100, 101}. Exempelvis går det att integrera produktionen av biobränsle i produktionen av livsmedel, till exempel genom att bättre utnyttja restprodukter. Andra sätt är att inkludera energigrödor i växtföljden och använda sig av metoder som tvågrödesystem eller skogsjordbruk (agroforestry). Dessutom är produktion av energiråvara på åkermark som inte används i produktionen av livsmedel eller foder ett mer effektivt utnyttjande av mark som resurs¹⁰².

En stor potential finns i att en ökad andel av exempelvis den skördade stamveden efter skogsavverkning används för att producera fordonsbränsle på ett sätt som integreras i såväl nuvarande skogsindustriella produktion av pappersmassa som i produktionen av framtida biobaserade material och kemikalier. Globalt finns också en stor potential att öka energieffektiviteten i massa- och pappersindustrin. Inom skogsbruket kan en ökad utvinning av rester från både avverkning och gallring vara möjlig (*figur 9*).

Det finns även en möjlighet att utveckla en produktion av biomassa från akvatiska miljöer för energiändamål.

För att realisera en ökad användning av bioenergi bör hållbar produktion av biomassa från skog- och jordbruksmark vara baserad på långsiktiga och förutsägbara riktlinjer som ekonomiska styrmedel och hållbarhetskrav. All hållbar biomassa och alla produkter som uppfyller kraven bör accepteras. Detta tryggar en flexibilitet inför förändrade förhållanden, med avseende till exempel på marknadssituation, klimat och teknisk utveckling.

⁹⁹ IRENA 2016. International Renewable Agency. REmap: Roadmap for a Renewable Energy Future, 2016 Edition. International Renewable Energy Agency (IRENA), Abu Dhabi. www.irena.org/remap.

¹⁰⁰ Mauser W, Klepper G, Zabel F, Delzeit R, Hank T, Putzenlechner B & Calzadilla A. 2015. Global biomass production potentials exceed expected future demand without the need for cropland expansion. *Nature Communications* 6:8946 doi: 10.1038/ncomms9946.

¹⁰² Ladanai S & Vinterbäck J. 2009. Global potential of sustainable biomass for energy. Technical Report 013. Department of Energy and Technology, Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala.

¹⁰³ FAO 2012. Impacts of Bioenergy on Food Security – Guidance for Assessment and Response at National and Project Levels. Environment and Natural Resources Management Series No. 52, FAO, Rome; SCOPE 2015. Bioenergy & Sustainability: bridging the gaps. Eds: Souza GM, Victoria RL, Joly CA & Verdade LM. Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE) 72. Fernando Sian Martins, São Paulo.

Sverige

Den årliga försörjningen av hållbar bioenergi i Sverige är uppskattad att kunna öka från nuvarande 130 TWh till 170–180 TWh i det korta perspektivet, och till 200–220 TWh fram till 2050¹⁰³. Tillsammans med en förbättrad energieffektivitet och ökad användning av vind- och solkraft, kan bioenergin spela en avgörande roll i att på sikt närma sig helt förnybara energisystem¹⁰⁴ vilket är i linje med regeringens långsiktiga ambition¹⁰⁵.

Avverkningsrester kan bidra hållbart med 27 TWh biobränslen¹⁰⁶ och består huvudsakligen av grenar, toppar (grot) och en begränsad mängd stubbar från barrträd. Den verkliga ökningen i bidraget från skogsbrukets rester kommer att bero främst på bränslepriset och transportavstånd på väg. Mängden bränsle per ytenhet, avverkningsytans storlek, behovet av lämnad grot att köra på i skogen och transportsträckan i skogen spelar också roll.

Ytterligare potential finns i avverkningsrester från gallrad skog. Beroende på marknadsutvecklingen för produkter som görs av massaved och effektivitetsutvecklingen i massakokningen, kan också klena virkesdimensioner och/eller vissa biprodukter bli tillgängliga för bränsleproduktion i olika omfattning. Varje procent av den årligt avverkade stamveden innehåller cirka 2 TWh.



Figur 9. En gallrad skog. Skogsbruket kan bland annat leverera mer biobränsle i form av grenar och toppar både vid avverkning och vid gallring om efterfrågan ökar. För att realisera en ökad bioenergi bör en hållbar produktion av biomassa både från skogs- och jordbruksmark vara baserad på långsiktiga och förutsägbara riktlinjer, som ekonomiska styrmedel och hållbarhetskrav.

Foto: Anna Petersson.

Svenskt jordbruk kan redan idag öka bidraget av biobränsle med 18–20 TWh per år och med 35–40 TWh år 2050¹⁰⁷. Potentialen ligger i en ökad användning av rest- och biprodukter, för förbränning eller för produktion av biogas och odling av energigrödor på mark i träda. Även produktion och användning av vall för biogasproduktion kan öka utan att det skulle konkurrera med produktionen av foder. Möjligheten för jordbruket att öka produktionen av energiråvara påverkas dock av hur stor efterfrågan på livsmedel blir i framtiden samt vilken typ av livsmedel som efterfrågas.

¹⁰³ Börjesson P. 2016. Potential för ökad tillförsel och avsättning av inhemsk biomassa i en växande svensk bioekonomi. Lunds universitet, Institutionen för teknik och samhälle, Avdelningen för miljö- och Energisystem. Rapport nr. 97.

¹⁰⁴ Statens energimyndighet. 2016b. Fyra framtider. Energisystemet efter 2010. ET2016:04.

¹⁰⁵ Regeringen. Regeringsförklaringen 2014. <http://www.regeringen.se/informationsmaterial/2014/10/regeringsforklarings-3-oktober-2014/> (Hämtad 2017-10-20).

¹⁰⁶ de Jong J, Akselsson C, Egnell G, Löfgren S & Olsson BA. 2017. Realizing the energy potential of forest biomass in Sweden – How much is environmentally sustainable? *Forest Ecology and Management* 383: 3–16.

¹⁰⁷ Börjesson P. 2016. Potential för ökad tillförsel och avsättning av inhemsk biomassa i en växande svensk bioekonomi. Lunds universitet, Institutionen för teknik och samhälle, Avdelningen för miljö- och Energisystem. Rapport nr. 97.

Ytterligare 5–10 TWh biobränsle kan utvinnas med bibehållet eller förbättrat naturvärde ur biomassa i form av sly och klena träd från vägkanter, banvallskanter, kantzoner till våtmarker och kraftledningsgator¹⁰⁸. Även övergivna naturbetesmarker där den biologiska mångfalden är beroende av öppna ljusa ytor, parker och marginalmark i tätortsnära områden, kan bidra med biomassa¹⁰⁹.

4.2 Livsmedelsförsörjning

Att säkra livsmedelsförsörjningen och utrota hungersnöd är mycket angelägna mål. Hittills har åtgärder i EU:s energilagstiftning¹¹⁰ för att undvika konkurrens om markanvändning mellan biomassa för energi- och livsmedelsproduktion inte alltid varit ändamålsenliga. Exempelvis så försvårar statsstödsreglerna^{111, 112} användningen av energigrödor som skulle kunna användas till livsmedel även när de odlas på åkermark som av ekonomiska eller andra skäl inte används för produktion av livsmedel eller foder. För dessa marker skulle alternativet vara att de överges eller läggs i permanent träda. EU:s politik är här motsägelsefull eftersom jordbrukspolitiken främjar en aktiv markanvändning.

Eftersom efterfrågan på jordbruksmark i Sverige kan komma att öka igen i framtiden kan all befintlig jordbruksmark återigen bli nödvändig för vår livsmedelsförsörjning. Marken bör därför skötas så att den inte försämras eller växer igen. Både Sverige och delar av Europa har ett överflöd av extensivt brukad eller övergiven åkermark som inte aktivt har beskogsats¹¹³. Produktion av energigrödor kan då vara en resurseffektiv markanvändning och ett alternativ förutsatt att det finns tillräcklig efterfrågan på bränslegrödor. Samtidigt bidrar jordbruket till att ställa om till ett samhälle som är mindre beroende av fossila bränslen.

En hållbar livsmedelsförsörjning handlar även om att minska matsvinnet. Cirka en tredjedel av världens livsmedelsproduktion går förlorad eller slängs i något led i försörjningskedjan, från jordbruksmark till slutkonsument¹¹⁴. Det är angeläget att utveckla effektiva metoder för att producera, lagra och distribuera livsmedel med minimala förluster, liksom att öka konsumenternas medvetenhet om att minska matsvinnet. Det påverkar både tillgången till livsmedel och det totala behovet av jordbruksmark. Dessutom är konsumtionsmönster som till exempel vilka livsmedel vi väljer, en viktig drivkraft för användning av och efterfrågan på mark.

¹⁰⁸ Ebenhard T, Forsberg M, Lind T, Nilsson D, Andersson R, Emanuelsson U, Eriksson L, Hultåker O, Iwarsson Wide M & Ståhl G. 2017. Environmental effects of brushwood harvesting for bioenergy. *Forest Ecology and Management* 383: 85–98.

¹⁰⁹ Götmark F. 2013. Habitat management alternatives for conservation forests in the temperate zone: review, synthesis, and implications. *Forest Ecology and Management* 306: 292–307.

¹¹⁰ Europaparlamentets och rådets direktiv 2009/28/EG av den 23 april 2009 om främjande av användningen av energi från förnybara energikällor och om ändring och ett senare upphävande av direktiven 2001/77/EG och 2003/30/EG.

¹¹¹ Kommissionens förordning (EU) nr 651/2014 genom vilken vissa kategorier av stöd förklaras förenliga med den inre marknaden enligt artiklarna 107 och 108 i fördraget.

¹¹² Kommissionens riktlinjer för statligt stöd till miljöskydd och energi för 2014–2020 (2014/C 200/01).

¹¹³ Fischer G, Prieler S, van Velthuizen H, Berndes G, Faaij, A, Londo M & de Wit M. 2010. Biofuel production potentials in Europe: Sustainable use of cultivated land and pastures, Part II: Land use scenarios. *Biomass and Bioenergy*, Volume 34: 173–187.

¹¹⁴ FAO. 2011a. *Global food losses and food waste – Extent, causes and prevention*. Rome.

Fördjupning 2. Livsmedel och bioenergi

På global nivå har livsmedelsproduktionen per hektar ökat sedan 1990-talet. Orsakerna är teknik- och metodutveckling, ökad effektivitet, bättre integrerade system och en förbättrad logistik. Utvecklingen har lett till en förbättrad produktivitet vilket kan leda till minskad efterfråga på ytterligare mark¹¹⁵. Detta indikerar att tillgången på jordbruksmark, åtminstone i västvärlden, inte behöver vara en begränsning för odling av energigrödor utan jordbruket kan istället bidra med både livsmedel och energiråvara.

Bioenergi som är hållbart integrerad med produktionen av livsmedel, kan förbättra försörjningstryggheten för både livsmedel och energi^{116, 117, 118, 119, 120, 121, 122}. En ökad efterfrågan på biobränslen kan också påverka sysselsättningen på landsbygden och böndernas intäkter i positiv riktning och därmed bidra till landsbygdsutveckling och en välmående jordbrukssektor^{123, 124, 125}.

Tillgängliga markresurser varierar i kvalitet och fördelning. Effekten av en ökad produktion av energigrödor varierar mellan länder, grödor, geografiska platser och över tid. Styrmedel för att stötta hållbar utveckling måste därför vara flexibla och anpassade till lokala förutsättningar.

Vetenskapen har bidragit till ökad kunskap om hur man hållbart kan integrera och kombinera produktion av bioenergi med jordbruket. FAO har utvecklat metoder för jord- och skogsbruk med kriterier, indikatorer, metoder och politiska alternativ för hur man kan stödja utvecklingen av hållbar produktion av biobränslen^{126, 127}. Dessa metoder bidrar även till att utveckla landsbygden och livsmedelsförsörjningen i samklang med den lokala produktionen och användningen av bioenergi.

¹¹⁵ Kline KL, Msangi S, Dale VH, Woods J, Souza GM, Osseweijer P, Clancy JS, Hilbert JA, Johnson FX, McDonell PC & Mugera HK. 2016. Reconciling food security and bioenergy: priorities for action. GCB Bioenergy, open access, early view. DOI: 10.1111/gcbb.12366

¹¹⁶ FAO 2010. Bioenergy and Food Security – the BEFS Analytical Framework. Environment and Natural Resources Management Series No. 16, FAO, Rome.

¹¹⁷ FAO. 2011a. Global food losses and food waste – Extent, causes and prevention. Rome.

¹¹⁸ Babcock BA & Zabid Iqbal Z. 2014. Using Recent Land Use Changes to Validate Land Use Change Models. Staff Report 14-SR 109. Center for Agricultural and Rural Development, Iowa State University, Ames.

¹¹⁹ Dale BE, Anderson JE, Brown RC, Csonka S, Dale VH, Herwick G, Jackson RD, Jordan N, Kaffka S, Kline KL, Lynd LR, Malmstrom C, Ong RG, Richard TL, Taylor C & Wang MQ. 2014. Take a closer look: biofuels can support environmental, economic and social goals. *Environmental Science and Technology*, 48: 7200–7203.

¹²⁰ Manning P, Taylor G & Hanley E. 2015. Bioenergy, food production and biodiversity – an unlikely alliance? *GCB Bioenergy* 7: 570-576.

¹²¹ SCOPE 2015. Bioenergy & Sustainability: bridging the gaps. Eds: Souza GM, Victoria RL, Joly CA & Verdade LM. Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE) 72. Fernando Sian Martins, São Paulo.

¹²² Kline KL, Msangi S, Dale VH, Woods J, Souza GM, Osseweijer P, Clancy JS, Hilbert JA, Johnson FX, McDonell PC & Mugera HK. 2016. Reconciling food security and bioenergy: priorities for action. GCB Bioenergy, open access, early view. DOI: 10.1111/gcbb.12366

¹²³ FAO 2011b. Policy Brief: The case of energy-smart food systems. <http://www.fao.org/docrep/014/i2456e/i2456e00.pdf>

¹²⁴ SCOPE 2015. Bioenergy & Sustainability: bridging the gaps. Eds: Souza GM, Victoria RL, Joly CA & Verdade LM. Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE) 72. Fernando Sian Martins, São Paulo.

¹²⁵ Kline KL, Msangi S, Dale VH, Woods J, Souza GM, Osseweijer P, Clancy JS, Hilbert JA, Johnson FX, McDonell PC & Mugera HK. 2016. Reconciling food security and bioenergy: priorities for action. GCB Bioenergy, open access, early view. DOI: 10.1111/gcbb.12366

¹²⁶ FAO 2010. Bioenergy and Food Security – the BEFS Analytical Framework. Environment and Natural Resources Management Series No. 16, FAO, Rome.

¹²⁷ FAO 2012. Impacts of Bioenergy on Food Security – Guidance for Assessment and Response at National and Project Levels. Environment and Natural Resources Management Series No. 52, FAO, Rome.

4.3 Styrmedel

För att uppnå ett energisystem utan koldioxidutsläpp behövs en kombination av flera lösningar. De omfattar mer teknikeffektiva metoder, förändrade beteenden och en förnybar energiförsörjning, där bioenergi spelar en väsentlig roll. Högre kostnader för koldioxidutsläpp vid förbränning av fossila bränslen är avgörande för att lyckas med den nödvändiga omställningen. Det ökar efterfrågan och lönsamheten på bioenergi och andra alternativ.

Globalt är subventionerna till fossila bränslen fortfarande mycket större än till förnybar energi^{128, 129}. Subventionerna måste fasas ut för att nå målen om en begränsad klimatpåverkan. Så länge man både subventionerar fossila bränslen och inte låter dem betala sina miljökostnader är motsvarande kraftiga stöd motiverade för att stödja utvecklingen av marknader för förnybar energi. Exempel på detta är koldioxidskatter, utsläppsrättigheter för handel, subventioner, inmatningspriser (feed-in-tariffer), kvotsystem och krav på att använda bästa tillgängliga teknik. På så sätt fasas det som är sämst för miljön ut och de acceptabla alternativen konkurrerar fritt, vilket gynnar utvecklingen av hållbara lösningar och motverkar risken för politiska felsatsningar.

För att säkra hållbar biomassa för olika ändamål behövs generella regler såväl för nationell produktion och konsumtion som för importerad biomassa. Den som använder skogsbiomassa från andra länder bör försäkra sig om att där finns regler för avverkning, skogens föryngring, samt mark- och vattenkvalitet inklusive att ny dränering av torvmarker inte görs för produktionen¹³⁰. Dessutom behöver arbetet med skyddade områden och bevarandet av biologisk mångfald fungera väl. Andra regler i ursprungslandet bör avse en minimerad negativ påverkan på mark- och vattenkvalitet, liksom skogens långsiktiga produktionskapacitet.

Det behövs även system för att övervaka och se till att lagstiftningen efterföljs. Länderna bör redovisa förändringar i kolförrådet via sin årliga klimatrapporering. Dessutom behöver man stärka incitamenten för att producera biomassa genom akvatiska system. Genom biomassaproduktion i akvatiska system och på restaurerade torvmarker är flera miljömässiga vinster möjliga och konkurrensen om fastmark för annan produktion kan minska.

Bioenergi är en central del av en växande bioekonomi. En integrerad produktion av material (papper, kemikalier och textilier) och energibärare (värme, el och fordonsbränslen) från biomassa innebär ett effektivt utnyttjande av resurser. Värdefulla produkter produceras samtidigt med biprodukter med lägre kvalitet vilka kan användas för till exempel energi. Biomassabaserade kemikalier från

¹²⁸ IEA 2015. International Energy Agency. Energy and climate change. World Energy Outlook, special report.

¹²⁹ IEA. International Energy Agency. 2017. Energy snapshot. www.iea.org/newsroom/energysnapshots/estimates-for-global-fossil-fuel-consumption-subsidies.html. (Hämtad 2017-11-24).

¹³⁰ Hållbarhetslagen, det vill säga lag (2010:598) om hållbarhetskriterier för biodrivmedel och flytande biobränslen. Svensk författningssamling 2010:598, anger att för att biodrivmedel eller flytande biobränslen ska anses som hållbara får inte dessa bränslen produceras av råvaror från mark som den 1 januari 2008 var torvmark, såtillvida det inte visas att odling och skörd eller avverkning av råvaran inte medför dränering av tidigare odikad mark.

bioraffinaderier kan byta ut material från olja, kol och gas. Trä för byggnation kan ersätta betong som orsakar koldioxidutsläpp vid tillverkning samtidigt som kol binds långsiktigt i träet. Samtidigt kan restprodukter användas till energi.

I begreppet hållbar bioenergi ligger att biomassan måste användas så effektivt som möjligt. Därför bör man främja en resurseffektiv användning av biomassa, anläggningar som producerar flera nyttigheter som både baskemikalier, textilier och elektricitet. Även innovation och utveckling av nya tekniker bör vara stimulerade.

Vissa styrmedel kan vara kontraproduktiva. Det gäller till exempel bestämmelser för indirekt ändrad markanvändning som inte är anpassade till sammanhanget eller de lokala förutsättningarna samt restriktioner för markanvändning som gäller hur man använder biomassan och inte hur man brukar marken. Man bör även undvika specifika bestämmelser för hur man använder flödet av skogsbiomassa med industriellt värde. Det är inte en långsiktig lösning för dynamiska marknader eller industristrukturer i ständig förändring.

I skogssektorn innebär kaskadanvändning att fibrer av hög kvalitet nyttjas för industriella ändamål, medan träbaserade material av mycket låg kvalitet och restprodukter används för energi. Högkvalitativa fibrer används i allmänhet för energi bara när återvinning eller annat bruk inte är möjligt. Enligt en rapport från 2016 bör denna typ av industriell användning av material och råvaror primärt vara bestämd av marknadskrafter snarare än av lagstiftning¹³¹.

4.4 Vetenskap och helhetsperspektiv

Med växande kunskap om miljöaspekter på frågor om markanvändning och bioenergi kan man utveckla mer relevanta och fallspecifika riktlinjer för hållbar produktion av bioenergi. Det behövs en ständigt förbättrad och mer fördjupad kunskap inom skogs-, jordbruks- och energisektorerna, liksom hos myndigheter och politiska beslutsfattare. Möjligheterna att producera biobränslen i akvatiska system behöver studeras ytterligare.

Det är en utmaning att översätta vetenskapliga forskningsresultat till användbara riktlinjer som tar hänsyn till klimatet och andra hållbarhetsfrågor i samhället. Hållbarheten rör både miljö, ekonomi och sociala aspekter. Det finns behov av att identifiera och utnyttja synergieffekter. Dessutom behöver man minska målkonflikter i samhället genom att hitta balanserade lösningar.

För att utveckla vetenskapligt baserade bestämmelser och riktlinjer måste framtida forskning om hållbar bioenergi kombinera kompetens inom skogs- och jordbruk med miljö- och samhällsvetenskap.

¹³¹ Olsson O, Bruce L, Hektor B, Roos A, Guisson R, Lamers P, Hartley D, Ponitka J, Hildebrandt J & Thrän D. 2016. Cascading of Woody Biomass: definitions, policies and effects on international trade. IEA Bioenergy Task 40. April 2016.

Slutord

Det är inte möjligt att fasa ut fossila bränslen om man inte inför tillräckliga styrmedel, till exempel kännbara koldioxidskatter. Kostnader för koldioxidutsläpp bör gälla för alla sektorer och vara tillräckligt höga för att påverka utsläppen. Exempelvis bör man säkerställa åtgärder för att höja priset på koldioxid i EU:s handelssystem för utsläpp. Globalt är subventionerna till fossila bränslen fortfarande mycket större än till förnybar energi. Subventionerna måste fasas ut för att nå målen om en begränsad klimatpåverkan.

Marknader behöver även långsiktiga riktlinjer som uppmuntrar aktörer att göra val som bidrar till mer hållbara lösningar. Det gäller allt från privatpersoners privatkonsumtion, till stora företag som ska investera i kraftverk eller anläggningar för bränsleproduktion.

Styrmedel ska företrädesvis vara teknikneutrala och främja hållbar bioenergi, oavsett vilka råvaror man använder. Åtgärder som minskar efterfrågan på energi ska prioriteras eftersom den energi som aldrig behöver tillföras inte har någon miljöpåverkan.

Ändamålsenliga styrmedel och lagstiftning med tillhörande föreskrifter är nödvändiga för att skapa en hållbar och resurseffektiv användning av tillgänglig skogs- och jordbruksmark. De behöver vara utformade för att hantera hållbar bioenergi med avseende på till exempel biologisk mångfald och livsmedelsförsörjning. Åtgärderna måste samtidigt bidra till en effektiv användning av resurser.

Successivt utvecklade styrmedel och certifiering för hållbar bioenergi bör ge lämpliga incitament för att hållbart integrera bioenergi med produktionen av bland annat livsmedel och virke. Styrmedlen måste fungera vid olika lokala förutsättningar och även tillåta lokala stödåtgärder. På så sätt är det möjligt att både främja en utveckling av fungerande marknader för hållbar bioenergi och att motverka klimatförändringarna.

Litteratur/källförteckning

- Babcock BA & Zabid Iqbal Z. 2014. Using Recent Land Use Changes to Validate Land Use Change Models. Staff Report 14-SR 109. Center for Agricultural and Rural Development, Iowa State University, Ames.
- Baum S, Bolte A & Weih M. 2012. Short Rotation Coppice (SRC) Plantations Provide Additional Habitats for Vascular Plant Species in Agricultural Mosaic Landscapes. *Bioenergy Research* 5: 573–583.
- Berg Å. 2002. Breeding birds in short-rotation coppices on farmland in central Sweden—the importance of *Salix* height and adjacent habitats. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 90: 265–276.
- Berndes G, Abt B, Asikainen A, Cowie A, Dale V, Egnell G, Lindner M, Marelli, L, Paré D, Pingoud K & Yeh S. 2016. Forest biomass, carbon neutrality and climate change mitigation. From Science to policy 3. Joensuu: European Forest Institute.
- Berndes G, Fredriksson F & Börjesson P. 2004. Cadmium accumulation and *Salix*-based phytoextraction on arable land in Sweden. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 103: 207–223.
- Börjesson P. 2016. Potential för ökad tillförsel och avsättning av inhemsk biomassa i en växande svensk bioekonomi. Lunds universitet, Institutionen för teknik och samhälle, Avdelningen för miljö- och Energisystem. Rapport nr. 97.
- Carlson KM, Curran LM, Ratnasari D, Pittman AM, Soares-Filho BS, Trigg SN, Gaveau DA, Lawrence D & Rodrigues HO. 2012. Committed carbon emissions, deforestation, and community land conversion from oil palm plantation expansion in West Kalimantan, Indonesia. *PNAS* 109: 7559–7564.
- Clemens J, Trimborn M, Weiland P & Amon B. 2006. Mitigation of greenhouse gas emissions by anaerobic digestion of cattle slurry. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 112: 171–177.
- Cowie A, Berndes G & Smith T. 2013. On the Timing of Greenhouse Gas Mitigation Benefits of Forest-Based Bioenergy. IEA Bioenergy: ExCo:2013:04.
- Dale BE, Anderson JE, Brown RC, Csonka S, Dale VH, Herwick G, Jackson RD, Jordan N, Kaffka S, Kline KL, Lynd LR, Malmstrom C, Ong RG, Richard TL, Taylor C & Wang MQ. 2014. Take a closer look: biofuels can support environmental, economic and social goals. *Environmental Science and Technology*, 48: 7200–7203.
- de Jong J, Akselsson C, Berglund H, Egnell G, Gerhardt K, Lönnberg L, Olsson B & von Stedingk H. 2014. Consequences of an increased extraction of forest biofuel in Sweden. Swedish Energy Agency, IEA Bioenergy Task 43 Report 2014:01.

- de Jong J, Akselsson C, Egnell G, Löfgren S & Olsson BA. 2017. Realizing the energy potential of forest biomass in Sweden – How much is environmentally sustainable? *Forest Ecology and Management* 383: 3–16
- Dimitriou I & Aronsson P. 2011. Wastewater and sewage sludge application to willows and poplars grown in lysimeters - Plant response and treatment efficiency. *Biomass and Bioenergy* 35: 161–170.
- Dimitriou I & Rosenqvist H. 2011. Sewage sludge and wastewater fertilization of short rotation coppice (SRC) for increased bioenergy production – Biological and economic potential. *Biomass and Bioenergy* 35.
- Dimitriou I, Mola-Yudego B, Aronsson P & Eriksson J. 2012. Changes in organic carbon and trace elements in the soil of willow short-rotation coppice plantations. *Bioenergy Research* 5: 563–572.
- Ebenhard T, Forsberg M, Lind T, Nilsson D, Andersson R, Emanuelsson U, Eriksson L, Hultåker O, Iwarsson Wide M & Ståhl G. 2017. Environmental effects of brushwood harvesting for bioenergy. *Forest Ecology and Management* 383: 85–98.
- FAO 2010. *Bioenergy and Food Security – the BEFS Analytical Framework*. Environment and Natural Resources Management Series No. 16, FAO, Rome.
- FAO. 2011a. *Global food losses and food waste – Extent, causes and prevention*. Rome.
- FAO 2012. *Impacts of Bioenergy on Food Security – Guidance for Assessment and Response at National and Project Levels*. Environment and Natural Resources Management Series No. 52, FAO, Rome.
- Fischer G, Prieler S, van Velthuisen H, Berndes G, Faaij, A, Londo M & de Wit M. 2010. Biofuel production potentials in Europe: Sustainable use of cultivated land and pastures, Part II: Land use scenarios. *Biomass and Bioenergy* 34: 173–187.
- Forest Ecology and Management* 2016:371 och *Forest Ecology and Management* 2017: 383 (specialutgåvor).
- Grassi G, House J, Dentener F, Federici S, den Elzen M & Penman J. 2017. The key role of forests in meeting climate targets requires science for credible mitigation. *Nature Climate Change*. <http://dx.doi.org/10.1038/nclimate3227>.
- Götmark F. 2013. *Habitat management alternatives for conservation forests in the temperate zone: Review, synthesis, and implications*. *Forest Ecology and Management* 306: 292–307.
- Hasselgren K. 2003. *Use and treatment of municipal waste products in willow biomass plantations. Results from field experiments with wastewater, sewage sludge and landfill leachate*. Licentiate Thesis, Report No. 3242, Department of water resources engineering, Lund Institute of Technology, Lund University.

- Hillier J, Whittaker C, Aylott M, Casella E, Richter GM, Riche A, Murphy R, Taylor G & Smith P. 2009. Greenhouse gas emissions from four bioenergy crops in England and Wales: integrating spatial estimates of yield and soil carbon balance in life cycle analyses. *GCB Bioenergy* 1: 267–281.
- IEA 2015. International Energy Agency. Energy and climate change. World Energy Outlook, special report.
- IPCC. 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- IRENA 2016. Innovation Outlook: Advanced Liquid Biofuels. ISBN 978–92–95111–51–6 (print). ISBN 978–92–95111–52–3 (PDF).
- Johnsson FX & Roseville-Calle F. 2007. Biomass, livelihood and international trade. Challenges and opportunities for the EU and Southern Africa. SEI Climate and Energy Report 2007-01; Fielding M. m fl. 2015. Agricultural investment and rural transformation: a case study of the Makeni bioenergy project in Sierra Leone. SEI Project report 2015–09.
- Jordbruksverkets statistik. 2005. Jordbruket i siffror, statistikrapport 2005:6.
- Jordbruksverket. 2014. Utsläpp av växthusgaser från torvmark. Rapport 2014:42.
- Kline KL, Msangi S, Dale VH, Woods J, Souza GM, Osseweijer P, Clancy JS, Hilbert JA, Johnson FX, McDonnell PC & Mugeru HK. 2016. Reconciling food security and bioenergy: priorities for action. *GCB Bioenergy*, open access, early view. DOI: 10.1111/gcbb.12366.
- Ladanai S & Vinterbäck J. 2009. Global potential of sustainable biomass for energy. Technical Report 013. Department of Energy and Technology, Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala.
- Lindholm E-L. 2010. Energy use and environmental impact of roundwood and forest fuel production in Sweden. Dissertation Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet, Acta Universitatis agriculturae Sueciae, 1652–6880; 2010:40.
- Manning P, Taylor G & Hanley E. 2015. Bioenergy, food production and biodiversity – an unlikely alliance? *GCB Bioenergy* 7: 570–576.
- Mauser W, Klepper G, Zabel F, Delzeit R, Hank T, Putzenlechner B & Calzadilla A. 2015. Global biomass production potentials exceed expected future demand without the need for cropland expansion. *Nature Communications* 6:8946 doi: 10.1038/ncomms9946.
- Naturvårdsverket. 2015. Styr med sikte på miljömålen – Naturvårdsverkets fördjupade utvärdering av miljömålen 2015. Rapport 6666. ISBN 978–91–620–6666–6 ISSN 0282–729.

- Olsson O, Bruce L, Hektor B, Roos A, Guisson R, Lamers P, Hartley D, Ponitka J, Hildebrandt J & Thrän D. 2016. Cascading of Woody Biomass: definitions, policies and effects on international trade. IEA Bioenergy Task 40. April 2016.
- Rogelj J, Luderer, Pietzcker RC, Kriegler E, Schaeffer, Krey & Riahi K. 2015. Energy system transformations for limiting end-of-century warming to below 1.5 °C. *Nature Climate Change*: 519–527.
- Rowe R, Street N & Taylor G. 2007. Identifying potential environmental impacts or large-scale deployment of dedicated bioenergy crops in the UK. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13: 271–290.
- Rytter RM. 2012. The potential of willow and poplar plantations as carbon sinks in Sweden. *Biomass and Bioenergy* 36: 86–95.
- Sage R, Cunningham M & Boatman N. 2006. Birds in willow short-rotation coppice compared to other arable crops in central England and a review of bird census data from energy crops in the UK. *Ibis*, 148: 184–197.
- Scandinavian Journal of Forest Research* 32:2017 (specialutgåva).
- SCOPE 2015. *Bioenergy & Sustainability: bridging the gaps*. Eds: Souza GM, Victoria RL, Joly CA & Verdade LM. Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE) 72. Fernando Sian Martins, São Paulo.
- Skogsstyrelsen. 2008. Rekommendationer vid uttag av avverkningsrester och askåterföring. Meddelande 2, 2008.
- Skogsstyrelsen. 2014. *Skogsstatistisk årsbok 2014*. ISSN 0491–7847. ISBN 978–91–87535–05–5.
- Sommer SG, Petersen SO & Søgaard HT. 2000. Greenhouse gas emission from stored livestock slurry. *Journal of Environmental Quality* 29: 744–751.
- Statens energimyndighet. 2015. Sveriges officiella statistik. Statistiska meddelanden EN 0307 SM 1503. Trädbränsle- och torvpriser. Nr 3, 2015.
- Statens energimyndighet 2016a. *Energiläget 2016*. Energimyndigheten. Eskilstuna.
- Statens energimyndighet. 2016b. *Fyra framtider. Energisystemet efter 2010*. ET2016:04.
- Statens energimyndighet 2017a. *Energiläget 2017* ET2015:12.
- Statens energimyndighet 2017b. *Drivmedel och biobränslen 2016*. ER 2017:12. Energimyndigheten. Eskilstuna.
- Statistics Sweden 2015. *Produktion av oförädlade trädbränslen 2015*. Statistics Sweden, Örebro.

- Tscharntke T, Klein AM, Kruess A, Steffan-Dewenter I & Thies C. 2005. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity-ecosystem service management. *Ecology Letters* 8: 857–874.
- UNEP. 2017. The Emissions Gap Report 2017. United Nations Environment Programme (UNEP), Nairobi.
- van Slycken S, Witters N, Meiresonne L & Vangronsveld LJ. 2013. Field evaluation of willow under short rotation coppice for phytomanagement of metal-polluted agricultural soils. *International Journal of Phytoremediation* 15: 677–689.
- Weih M, Karacic A, Munkert H, Verwijst T & Diekmann M. 2003. Influence of young poplar stands on floristic diversity in agricultural landscapes (Sweden). *Basic Applied Ecology* 4: 149–156.
- Wilcove DS & Koh LP. 2010. Addressing the threats to biodiversity from oil-palm agriculture. *Biodiversity & Conservation* 19: 999–1007.
- Xiong S & Kätterer T. 2010. Carbon-allocation dynamics in reed canary grass as affected by soil type and fertilization rates in northern Sweden. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science* 60: 24–32.

Internetkällor i den ordning de förekommer i texten

- Eurostat. Statistics explained. File: Net imports of primary energy, 2005–2015. http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Net_imports_of_primary_energy,_2005-2015_YB17.png (Hämtad 2017-10-31).
- World Energy Council. Energy resources. Biomass. www.worldenergy.org/data/resources/resource/biomass/ (Hämtad 2017–10–20).
- IEA 2016. International Energy Agency. Key World Energy trends. www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorldEnergyTrends.pdf (Hämtad 2017–10–22).
- IRENA, 2016. International Renewable Agency. REmap: Roadmap for a Renewable Energy Future, 2016 Edition. International Renewable Energy Agency (IRENA), Abu Dhabi, www.irena.org/remap www.irena.org/remap (Hämtad 2017–10–22).
- IRENA 2015. International Renewable Energy Agency. Renewable Power Generation Costs in 2014. www.irena.org (Hämtad 2017–11–01).
- Forest Research, 2014. Review of literature on biogenic carbon and life cycle assessment of forest bioenergy. Final Task 1 report, DG ENER project, “Carbon impact of biomass consumed in the EU”. https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/2014_biomass_forest_research_report_.pdf (Hämtad 2017–10–20).

- SIDA. Så ska fler få rätten till sin mark. 2014–10–03. www.sida.se/Svenska/aktuellt-och-pers-nyheter/2014/Oktober-2014/sa-ska-fler-fa-ratten-till-sin-mark/ (Hämtad 2017–11–21).
- United Nations. Framework convention of climate change. <http://unfccc.int/2860.php> (Hämtad 2017–10–20).
- Natural resources Canada. Canadian Wildland Fire Information System. 2017-11-120. <http://cwfis.cfs.nrcan.gc.ca/ha/nfdb> (Hämtad 2017–11–20).
- Food and agricultural organization of the United Nation. FAO. Sustainable Food and Agriculture <http://www.fao.org/sustainability/en/> (Hämtad 2017–10–20).
- Convention of biological diversity. CBD. www.cbd.int/ (Hämtad 2017–10–20).
- Forest Europe. <http://foresteurope.org/> (Hämtad 2017–10–20).
- The Montréal process. Criteria and indicators for the conservation and management of temperate and boreal forests. www.montrealprocess.org/ (Hämtad 2017–10–20).
- ITTO. International Tropical Timber Organization. Sustaining tropical forests. www.itto.int/ (Hämtad 2017–10–20).
- United Nations strategic plan for forests 2017-2030. www.un.org/esa/forests/wp-content/uploads/2016/12/UNSPF_AdvUnedited.pdf (Hämtad 2017–10–20).
- United Nations. Sustainable developmental goals. <http://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/> (Hämtad 2017–10–20).
- Convention of biological diversity. CBD. Aichi biodiversity targets. www.cbd.int/sp/targets/ (Hämtad 2017–10–20).
- 17 globala mål för hållbar utveckling. <https://fn.se/vi-gor/vi-utbildar-och-informerar/fn-info/vad-gor-fn-2/fns-arbete-for-utveckling-och-fattigdomsbekampning/agenda-2030-globala-mal-for-hallbar-utveckling/17-globala-mal-for-hallbar-utveckling/> (Hämtad 2017–11–08).
- Forest Europe, 2015. State of Europe's Forests 2015. www.foresteurope.org/docs/fullsoef2015.pdf (Hämtad 2017–10–20).
- Forest Europe. <http://foresteurope.org/> (Hämtad 2017–10–20).
- Statens energimyndighet 2016a. Swedish Energy Statistics. www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2016/nu-finns-energilaget-i-siffror-2016/ (Hämtad 2017–11–27).
- Regeringskansliet. 2017. 2017–06–08. Lagrådsremiss ID-nummer: M2017/01518/R. Reduktion av växthusgasutsläpp genom inblandning av biodrivmedel i bensin och diesel. (Hämtad 2017–11–24).

- Energimyndigheten. 2017. Sveriges biogasproduktion ökade till 2 TWh under 2016. (2017-10-02). www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2017/sveriges-biogasproduktion-okade-till-2-twh-under-2016/ (Hämtad 2017-11-21).
- FSC. FSC Sweden. Vad är ansvarsfullt skogsbruk? <https://se.fsc.org/se-se/certifiering/> (Hämtad 2017-10-20).
- PEFC. Svenska PEFC. <http://pefc.se/> (Hämtad 2017-10-20).
- Skogsstyrelsen. Rundvirkespriser. www.skogsstyrelsen.se/statistik/statistik-efter-amne/rundvirkespriser/ (Hämtad 2017-11-15).
- European Commission. Jordbruk och landsbygdsutveckling. 2017-03-30. https://ec.europa.eu/agriculture/cap-overview_sv (Hämtad 2017-11-27).
- European Commission. European rural development. 2017-02-22. https://ec.europa.eu/agriculture/direct-support/greening_en (Hämtad 2017-10-20).
- Lantmännen Agroetanol. Vi skapar lösningar för en hållbar framtid. www.lantmannenagroetanol.se/ (Hämtad 2017-10-20).
- Naturvårdsverket. Miljökvalitetsmålen. 2017-08-17. www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Sveriges-miljomal/Miljokvalitetsmalen/ (Hämtad 2017-10-20).
- Regeringen. Regeringsförklaringen 2014. www.regeringen.se/informationsmaterial/2014/10/regeringsforklaringen-3-oktober-2014/ (Hämtad 2017-10-20).
- FAO 2011b. Policy Brief: The case of energy-smart food systems. www.fao.org/docrep/014/i2456e/i2456e00.pdf (Hämtad 2017-10-20).
- IEA. International Energy Agency. 2017. Energy snapshot. www.iea.org/newsroom/energysnapshots/estimates-for-global-fossil-fuel-consumption-subsidies.html (Hämtad 2017-11-24).

Av Skogsstyrelsen publicerade Rapporter:

- 2012:1 Kommunikationsstrategi för Renbruksplan
 2012:2 Förstudierapport, dialog och samverkan mellan skogsbruk och rennäring
 2012:3 Hänsyn till kulturmiljöer – resultat från P3 2008–2011
 2012:4 Kalibrering för samsyn över myndighetsgränserna avseende olika former av dikningsåtgärder i skogsmark
 2012:5 Skogsbrukets frivilliga avsättningar
 2012:6 Långsiktiga effekter på vattenkemi, öringsbestånd och bottenfauna efter ask- och kalkbehandling i hela avrinningsområden i brukad skogsmark – utvärdering 13 år efter åtgärder mot försurning
 2012:7 Nationella skogliga produktionsmål – Uppföljning av 2005 års sektorsmål
 2012:8 Kommunikationsstrategi för Renbruksplan – Är det en fungerande modell för samebyarna vid samråd?
 2012:9 Ökade risker för skador på skog och åtgärder för att minska riskerna
 2012:10 Hänsynsuppföljning – grunder
 2012:11 Virkesproduktion och inväxning i skiktad skog efter höggallring
 2012:12 Tillståndet för skogsgenetiska resurser i Sverige. Rapport till FAO
 2013:1 Återväxtstöd efter stormen Gudrun
 2013:2 Förändringar i återväxtkvalitet, val av förnyingsmetoder och trädslagsanvändning mellan 1999 och 2012
 2013:3 Hänsyn till forn- och kulturlämningar – Resultat från Kulturpolytaxen 2012
 2013:4 Hänsynsuppföljning – underlag inför detaljerad kravspecifikation, En delleverans från Dialog om miljöhänsyn
 2013:5 Målbilder för god miljöhänsyn – En delleverans från Dialog om miljöhänsyn
 2014:1 Effekter av kvävegödsling på skogsmark – Kunskaps sammanställning utförd av SLU på begäran av Skogsstyrelsen
 2014:2 Renbruksplan – från tanke till verklighet
 2014:3 Användning och betydelsen av RenGIS i samrådsprocessen med andra markanvändare
 2014:4 Hänsynen till forn- och kulturlämningar – Resultat från Hänsynsuppföljning Kulturmiljöer 2013
 2014:5 Förstudie – systemtillsyn och systemdialog
 2014:6 Renbruksplankoncept – ett redskap för samhällsplanering
 2014:7 Förstudie – Artskydd i skogen – Slutrapport
 2015:1 Miljöövervakning på Obsytorna 1984–2013 – Beskrivning, resultat, utvärdering och framtid
 2015:2 Skogsmarksgödsling med kväve – Kunskaps sammanställning inför Skogsstyrelsens översyn av föreskrifter och allmänna råd om kvävegödsling
 2015:3 Vegetativt förökat skogsodlingsmaterial
 2015:4 Global framtida efterfrågan på och möjligt utbud av virkesråvara
 2015:5 Satellitbildskartering av lämnad miljöhänsyn i skogsbruket – en landskapsansats
 2015:6 Lägsta ålder för förnyingsavverkning (LÅF) – en analys av följderna av att sänka åldrarna i norra Sverige till samma nivå som i södra Sverige
 2015:7 Hänsynen till forn- och kulturlämningar – Resultat från Hänsynsuppföljning Kulturmiljöer 2014
 2015:8 Uppföljning av skogliga åtgärder längs vattendrag för att gynna lövträd och lövträdsetablering.
 2015:9 Ångermanälvsprojektet – förslag till miljöförbättrande åtgärder i mellersta Ångermanälven och nedre Fjällsjöälven
 2015:10 Skogliga konsekvensanalyser 2015–SKA 15
 2015:11 Analys av miljöförhållanden – SKA 15
 2015:12 Effekter av ett förändrat klimat–SKA 15
 2015:13 Uppföljning av skogliga åtgärder längs vattendrag för att gynna lövträd och lövträdsetablering
 2016:1 Uppföljning av biologisk mångfald i skog med höga naturvärden – Metodik och genomförande
 2016:2 Effekter av klimatförändringar på skogen och behov av anpassning i skogsbruket
 2016:4 Alternativa skogsskötselmetoder i Vildmarksriket – ett pilotprojekt
 2016:5 Hänsyn till forn- och kulturlämningar – Resultat från Hänsynsuppföljning Kulturmiljöer 2015
 2016:6 METOD för uppföljning av miljöhänsyn och hänsyn till rennäringen vid stubbskörd
 2016:7 Nulägesbeskrivning om nyckelbiotoper
 2016:8 Möjligheter att minska stabilitetsrisker i raviner och slänter vid skogsbruk och exploatering – Genomgång av ansvar vid utförande av skogliga förändringar, ansvar för tillsyn samt ansvar vid inträffad skada

2016:10	Möjligheter att minska stabilitetsrisker i raviner och slänter vid skogsbruk och exploatering – Metodik för identifiering av slänter och raviner känsliga för vegetationsförändringar till följd av skogsbruk eller exploatering
2016:12	Nya och reviderade målbilder för god miljöhänsyn – Skogssektors gemensamma målbilder för god miljöhänsyn vid skogsbruksåtgärder
2016:13	Målanpassad ungskogsskötsel
2016:14	Översyn av Skogsstyrelsens beräkningsmodell för bruttoavverkning
2017:2	Alternativa skötselmetoder i Råndalen – Ett projekt i Härjedalen
2017:4	Biologisk mångfald i nyckelbiotoper – Resultat från inventeringen – ”Uppföljning biologisk mångfald” 2009–2015
2017:5	Utredning av skogsvårdslagens 6 §
2017:6	Skogsstyrelsens återväxtuppföljning – Resultatet från 1999–2016
2017:7	Skogsträdens genetiska mångfald: status och åtgärdesbehov
2017:8	Skogsstyrelsens arbete för ökad klimatanpassning inom skogssektorn – Handlingsplan
2017:9	Implementering av målbilder för god miljöhänsyn – Regeringsuppdrag

Av Skogsstyrelsen publicerade Meddelanden:

2012:1	Förslag på regelförenklingar i skogsvårdslagstiftningen
2012:2	Uppdrag om nationella bestämmelser som kompletterar EU:s timmerförordning
2012:3	Beredskap vid skador på skog
2013:1	Dialog och samverkan mellan skogsbruk och rennärning
2013:2	Uppdrag om förslag till ny lagstiftning om virkesmätning
2013:3	Adaptiv skogsskötsel
2013:4	Ask och askskottsjukan i Sverige
2013:5	Förstudie om ett nationellt skogsprogram för Sverige – Förslag och ställningstaganden
2013:6	Förstudie om ett nationellt skogsprogram för Sverige – omvärldsanalys
2013:7	Ökad jämställdhet bland skogsägare
2013:8	Naturvårdsavtal för områden med sociala värden
2013:9	Skogens sociala värden – en kunskapssammanställning
2014:1	Översyn av föreskrifter och allmänna råd till 30 § SvL – Del 2
2014:2	Skogslandskapets vatten – en lägesbeskrivning av arbetet med styrmedel och åtgärder
2015:1	Förenkling i skogsvårdslagstiftningen – Redovisning av regeringsuppdrag
2015:2	Redovisning av arbete med skogens sociala värde
2015:3	Rundvirkes- och skogsbränslebalanser för år 2013 – SKA 15
2015:4	Renskogsavtal och lägesbeskrivning i frågott om skogsbruk–rennärning
2015:6	Utvärdering av ekonomiska stöd
2016:1	Kunskapsplattform för skogsproduktion – Tillståndet i skogen, problem och tänkbara insatser och åtgärder
2016:2	Analys av hur Skogsstyrelsen verkar för att miljömålen ska nås
2016:3	Delrapport - Främja anställning av nyanlända i de gröna näringarna och naturvärden
2016:4	Skogliga skattningar från laserdata
2016:5	Kulturarv i skogen
2016:6	Sektorsdialog 2014 och 2015
2016:7	Adaptiv skogsskötsel 2013–2015
2016:8	Agenda 2030 – underlag för genomförande - Ett regeringsuppdrag
2016:9	Implementering av målbilder för god miljöhänsyn
2016:10	Gemensam inlämningsfunktion för skogsägare
2016:11	Samlad tillsynsplan 2017
2017:1	Skogens sociala värden i Skogsstyrelsens rådgivning och information
2017:2	Främja nyanländas väg till anställning i de gröna näringarna och naturvärden
2017:3	Regeringsuppdrag om jämställdhet i skogsbruket
2017:4	Avrapportering av regeringsuppdrag om frivilliga avsättningar

Beställning av Skogsstyrelsens publikationer

Skogsstyrelsen,
Böcker och Broschyrer
551 83 JÖNKÖPING
Telefon: 036 – 35 93 40
växel 036 – 35 93 00
fax 036 – 19 06 22
e-post: bocker@skogsstyrelsen.se

Under 2017 slås Skogsstyrelsens publikationer Rapport och Meddelande ihop till en med namnet Rapport. De publiceras och kan laddas ner på Skogsstyrelsens webbplats:
www.skogsstyrelsen.se/om-oss/publikationer/
Äldre publikationer kan beställas eller laddas ner i webbutiken:
<http://shop.skogsstyrelsen.se/sv/publikationer/>

Skogsstyrelsen publicerar dessutom foldrar, broschyrer, böcker med mera inom skilda skogliga ämnesområden. Skogsstyrelsen är också utgivare av tidningen Skogseko.

I denna rapport redovisar Skogsstyrelsen, i samverkan med Energimyndigheten, Jordbruksverket och Naturvårdsverket, ett uppdrag initierat av Miljömålsrådet. Syftet är att öka kunskapen om status och möjligheter för hållbar bioenergi i Sverige och andra länder. Rapporten visar att bioenergi kan bidra avsevärt till att begränsa klimatförändringarna. Det är viktigt att biobränslen produceras och används på ett hållbart sätt. Dels ska bioenergi leda till minskade utsläpp av växthusgaser, dels ska produktionen och användningen inte leda till andra problem, till exempel för biologisk mångfald eller ur sociala aspekter. Höga hållbarhetskrav måste gälla för alla biomassaprodukter, råvaror och energislag, inklusive fossila bränslen. Hållbarheten kan och bör säkerställas genom relevanta åtgärder. För att fullt ut utnyttja potentialen för hållbar bioenergi är effektiva styrmedel nödvändiga.