

Bioenergi i vetenskap och debatt

Med fokus på svensk skog, kraftvärme och klimat

Förord

På 1850-talet tände vårt företag den första gaslyktan i ett mörkt Stockholm. 100 år senare började vi bygga ut fjärrvärmen, som steg för steg ersatte de skorstenar som svepte in Stockholm i moln av hälsofarligt sot. Idag är vi ledande i det globala arbetet med att fasa ut all klimatpåverkande fossil energi till 2050. Vi själva gör det långt tidigare.

Vårt biokraftvärmeverk i Värtan från 2016 är världsledande när det gäller storlek och miljöprestanda, och vi arbetar idag för högtryck med att utveckla teknik för att fånga in biogen koldioxid ur rökgaserna. Med modern bioenergi kan vi därmed inte bara minska vår påverkan på den globala uppvärmningen – vi kan till och med motverka den.

Bioenergi spelar en central roll i vårt arbete. Den bygger på solen och fotosyntesen och baseras på restprodukter från skogsnäringen. Vi ställer tuffa hållbarhetskrav på våra biobränslen. Det gör våra biobränslen till del av ett helt förnybart energisystem som har en given plats i scenarier för tuffa klimatmål som både forskarna i FN:s klimatpanel IPCC och miljöorganisationer för fram. Men samtidigt som vår verksamhet vilar på en solid vetenskaplig grund pågår en debatt om bioenergi. Rösterna är många och budskapen varierande.

Vi vill bidra till det pågående samtalet och har därför tagit fram denna kunskapssammanställning med hjälp av 2050 Consulting. Det är viktigt att diskutera bioenergi och hur den kan bli ännu bättre ur ett hållbarhetsperspektiv. Därför bejakar vi en saklig och konstruktiv debatt och vi tar gärna emot synpunkter på vår verksamhet från forskare och andra intresserade aktörer.

Ulf Wikström
Hållbarhetschef
Stockholm Exergi

Sammanfattning

Utgångspunkten för denna rapport är att användningen av bioenergi är föremål för ökad debatt och kritik. Bioenergi är samtidigt det största energislaget i Sverige. Vi vill undersöka grunderna för kritiken och i vilken mån den är giltig, framförallt för skoglig bioenergi i Sverige.

Idag handlar kritiken mot bioenergi i allmänhet inte bara om vissa biodrivmedel för fordon, såsom de palmoljebaserade som länge har debatterats, utan även om användningen av biomassa från skogen. Kritiken mot bioenergin byggs i mångt och mycket upp av olika varianter och blandningar av fyra huvudargument som redovisas i denna rapport: att bioenergigrödor produceras på åkermark som annars skulle användas till matproduktion, vilket påstås öka hungern i världen; att markanvändning för att producera olika slags biobränslen skapar undanträngningseffekter som via kedjereaktioner gör att exempelvis tropiska skogar avverkas; att förbränningen av biobränslen ger utsläpp av koldioxid som kan likställas med utsläpp av koldioxid från fossila bränslen; samt att användningen av bioenergi skadar den biologiska mångfalden.

Samtidigt som det står klart att det finns vissa bioenergisystem som är undermåliga ur olika hållbarhetsperspektiv, så visar forskningen tydligt att användningen av skogliga biobränslen i Sverige är klimatmässigt överlägsen fossila bränslen. I grunden beror detta på att den koldioxid som släpps ut vid användningen av skogliga biobränslen en gång har bundits genom fotosyntesen och inte kommer från berggrunden, det sker alltså inget långsiktigt nettotillskott av kol till atmosfären, och på att biomassan i skogen inte minskar. Bioenergi är på det sättet väsensskild från fossil energi.

Skoglig bioenergi är dessutom resurseffektiv hushållning. Biomassan består nästan enbart av restprodukter, exempelvis grenar och toppar samt sågspån, som ändå genom förmultning skulle ha blivit koldioxid inom tidsperioder relevanta för klimatmålen. När bioenergin då ersätter fossil energi uppstår en ordentlig klimatnytta. Om den skog som återväxer innehåller mer biomassa, vilket varit fallet i Sverige under många decennier, stärks klimatprofilen ytterligare. Eftersom klimatfrågan är relevant i många decennier framöver behöver tidsramen för klimatanalysen av skoglig bioenergi vara relativt lång, och analysen bör göras på landskapsnivå snarare än för enskilda skogsbestånd.

Att låta skogen stå obrukad av klimatskäl är effektivt under enbart kortare tidsperioder och främst för ung och växtlig skog, då nettoupptaget av kol är avsevärt lägre i en äldre skog än i en skog under tillväxt. Däremot finns det ofta flera andra goda skäl att inte avverka skog, inte minst av hänsyn till den biologiska mångfalden. Men det stora ingreppet sker genom skogsbruket som sådant, särskilt vid slutavverkning, och det sker nästan helt för att tillverka mer värdefulla produkter än bioenergi. Användningen av skogliga restprodukter som biobränslen bedöms av flera forskare, myndigheter och miljöorganisationer till och med som möjlig att öka utan att äventyra mångfaldsmålen. Flera aktörer menar att det går att öka uttaget av biomassa, i den mån det finns sådana behov.

Slutsatsen i rapporten är att bioenergi behövs för att klara klimatmålen. Det finns vetenskaplig evidens för det påståendet. Bioenergi spelar därför en central roll i scenarier och förslag som utgår ifrån ambitiösa klimatmål, vare sig dessa kommer från internationella expertorgan, svenska myndigheter eller ledande miljöorganisationer. Om användningen av skogliga biobränslen därtill kopplas till teknik för kolinlagring kommer den även på lång sikt att vara klimatmässigt viktig. Även övergången till alltmer av en bioekonomi skapar restflöden som bör tas tillvara för energiändamål.

Det finns givetvis goda skäl att fortsätta debattera bioenergi i olika former, men debatten måste vila på en solid vetenskaplig grund.

1. Bioenergi under luppen

Människosläktet använde bioenergi redan innan den moderna människan, Homo sapiens, såg dagens ljus. Ännu idag utgör ved en energiresurs runt om i världen, från trestensspisar på afrikanska landsbygden till moderna kaminer. I båda fallen används biomassan ineffektivt, inte sällan med hälsofarliga utsläpp som följd. Skillnaden jämfört med moderna svenska biokraftvärmeverk kopplade till fjärrvärme är avsevärd. Men trots en utveckling kantad av lovord under decennier ifrågasätts bioenergi idag av alla möjliga aktörer, bland annat för att bioenergianvändning påstås påverka klimatet och den biologiska mångfalden negativt¹.

Den här rapporten syftar till att beskriva vad bioenergi är, hur bioenergisystem skiljer sig från fossila, och vilken inverkan bioenergianvändning kan ha på klimat och biologisk mångfald. Fokus ligger på biobränslen från skogsråvaror och användning av dessa i Sverige för att producera el och fjärrvärme.

Texten är skriven för en bred målgrupp men den bygger på en genomgång av en rad vetenskapliga publikationer och andra expertanalyser. För att inte tynga rapporten i onödan begränsas referenslistan till de publikationer som bedömts mest relevanta. Utöver vetenskapliga publikationer redovisar vi även bedömningar från vissa organisationer och intressenter.

Vi tycker det är bra att bioenergi i olika former, precis som alla andra energislag, läggs under en granskande lupp. Denna rapport är vårt försök att redovisa en saklig lägesbild.

Begrepp (se not 3)

Biomassa: dött eller levande biologiskt material, som inte finns i geologiska lager eller är fossilt

Biobränsle: biomassa som används som fast, flytande eller gasformigt bränsle

Bioenergi: energi från biomassa

Netto-noll-utsläpp: utsläpp av växthusgaser till atmosfären balanseras med motsvarande stora upptag

Klimatneutralitet: en situation där mänsklig aktivitet inte ger någon nettoeffekt på klimatsystemet (dvs bredare än netto-noll-utsläpp)

1.1 Bioenergi – vad är det?

Livet på jorden bygger på att växter med hjälp av solenergi fotosyntetiserar luftens koldioxid till kolhydrater. Dessa används av växter, djur, svampar och andra organismer i cellandningen som driver alla möjliga livsprocesser och bygger upp biomassa. En del av det kol som binds i växter kan med tiden också lagras i marken i form av döda växtdelar som inte bryts ned. Den energi som finns i biomassan – bioenergin – kan användas som fasta, flytande eller gasformiga biobränslen. Bioenergi utnyttjas exempelvis när restprodukter från skogsnäringen omvandlas i moderna kraftvärmeverk till el och fjärrvärme, och när flytande biodrivmedel eller biogas driver bilar och lastbilar. När bioenergi förbränns bildas koldioxid som växterna återigen kan binda i fotosyntesen. Bioenergin utgör därmed en del av ett kretslopp som drivs av solen. Så länge förbränningen av biomassa inte är större än återväxten av biomassa så påverkas inte halten av koldioxid i atmosfären på lång sikt, inte heller fördelningen av kol mellan luft, växtlighet och hav.

Fossila bränslen i form av kol, olja och fossilgas är något helt annat. De utvinns från berggrunden där de varit orörda i miljontals år. Förbränning av fossila bränslen gör oundvikligen att koldioxid bildas. Även om en del av denna koldioxid kan tas upp i hav och av växande biomassa så leder förbränningen till att halten av koldioxid i atmosfären ökar. Det förstärker den naturliga växthuseffekten och den globala uppvärmningen. Användningen av fossila bränslen är den huvudsakliga orsaken till klimatförändringen², som i förlängningen kan bli det mest kostsamma problem som mänskligheten orsakat³.

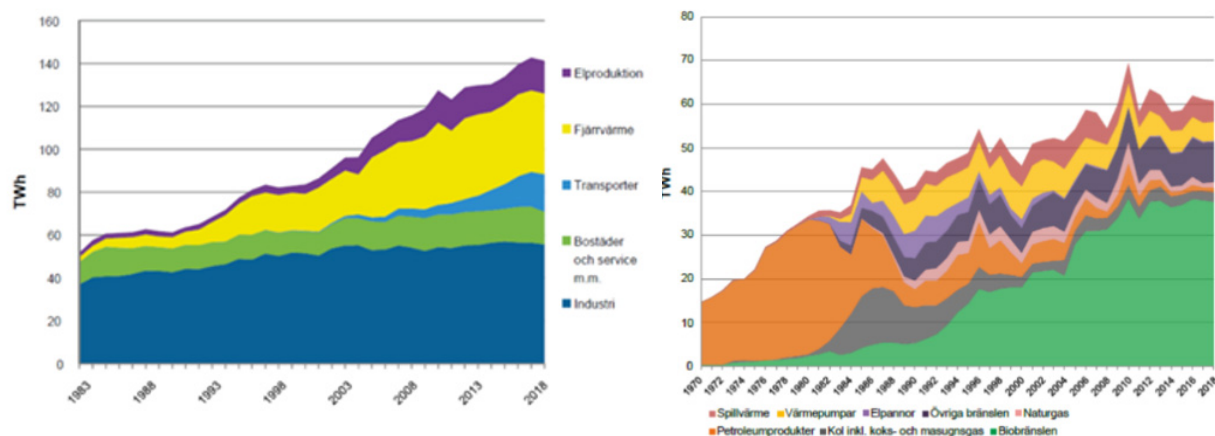
Om biomassa förbränns utan att återväxt sker så tillförs atmosfären det kol som växterna tidigare bundit, vilket ökar halten av koldioxid; om mängden biomassa däremot ökar blir effekten den omvända – halten av koldioxid minskar⁴. Hur växtlighet och mark används i bioenergisystem kan alltså påverka växthuseffekten i olika riktning. Förbränning av fossila bränslen innebär däremot alltid en nytillförsel av koldioxid som ökar den globala uppvärmningen. Därför är forskningen enig om att fossila bränslen måste fasas ut om klimatmålen i FN:s Parisavtal ska kunna uppnås⁵. Denna fundamentala skillnad mellan bioenergi och fossil energi måste beaktas i varje saklig analys av olika energisystem. Givetvis är det då också viktigt att se till energisystemens klimatpåverkan som helhet.

1.2 Användning av bioenergi i Sverige

Direkt förbränning av ved är en uråldrig användning av bioenergi som fortfarande tillämpas i både ursprungliga och moderna former runt om i världen. Ofta är denna förbränning ineffektiv och sker med stora utsläpp av hälsofarliga luftföroreningar, också i Sverige. Den största användningen av bioenergi i Sverige sker dock inom industrin och i fjärrvärmerna, följt av sektorerna transporter och elproduktion⁶. Sammantaget uppgår tillförseln av energi från biobränslen i Sverige till 145 TWh, att jämföra med den totala energitillförseln på 433 TWh (båda siffrorna för 2019)⁷.

Inom industrin utgörs en stor del av användningen av så kallat svartlut, som är en restprodukt från pappersmassatillverkningen och som cirkulerar och bränns inom produktionen, med tillvaratagande av bioenergi som följd. Fjärrvärmerna och elen produceras istället i hög grad av rester från dels skogsbruket, såsom en liten andel av avverkade grenar och toppar, dels sågverken, till exempel sågspån. Därutöver används bland annat bark och träd som fällts men som inte duger i produktionen i övrigt. Bioenergi ingår i de över 500 fjärrvärmenät som utgör den vanligaste formen av uppvärmning i Sverige, och som bland annat når över 90 procent av flerbostadshusen⁸. Biokraftens andel av den totala elproduktionen ökar fortlöpande sedan flera decennier⁹.

Den samlade tillförseln av bioenergi i Sverige har ökat stadigt i flera decennier (se figur 1 och 2). Användningen av biobränslen har gynnats av olika ekonomiska styrmedel på bland annat fossila bränslen, med de positiva följderna att utsläppen av klimatpåverkande koldioxid har minskat och energisäkerheten ökat i Sverige¹⁰.



Figur 1 och 2. Total användning av biobränslen i Sverige (1) och tillförd energi till fjärrvärmerna i Sverige (2)¹¹

1.3 Bioenergin kritiseras i ökad grad i Sverige

Trots att användningen av bioenergi ger flera fördelar ifrågasätts den idag på ett grundläggande sätt i svensk debatt. På ledarplats hävdar Dagens industri att "biodrivmedel är en återvändsgränd" medan Dagens ETC anser "bioenergi det nya stora hotet"¹². Greenpeace i Sverige säger ibland helt nej till förbränning av biomassa och likställer ibland biobränslen med fossil energi¹³. Denna nya svenska debatt riskerar att växa till en liknade konflikt som funnits internationellt, och inte minst inom EU, i över tio års tid¹⁴. På senare tid har denna EU-debatt fått nytt bränsle från en ny rapport från det gemensamma forskningscentret JRC vid Europeiska kommissionen och rapportens slutsatser har tolkats på vitt skilda sätt¹⁵. Vi ska här belysa fyra delfrågor som spelar en central roll i debatten.

1.3.1 Bröd och bränsle

Denna diskussion tog fart omkring 2007 då antalet kroniskt undernärda människor i världen ökade dramatiskt på grund av ökade livsmedelspriser. Vissa experter och forskare ansåg att produktionen av biodrivmedel från jordbruksgrödor var en avgörande bakomliggande faktor¹⁶. Den "bröd eller bränsle-debatt" ("food versus fuel") som uppstod pågår fortfarande trots att en rad studier visat på dels långt mer komplexa orsaker till förändringen av livsmedelspriser och undernäring, dels möjligheter att kombinera produktionen av biodrivmedel och livsmedel¹⁷.

Till att börja med är fattigdom den främsta orsaken till kronisk undernäring, och fattigdom beror i sin tur på en rad faktorer, som kan påverkas endera positivt eller negativt när biodrivmedel produceras. Den areal jordbruksmark som används för bioenergigrödor är dessutom liten jämfört med till exempel

de stora ytor som används för produktion av djurfoder, som ger en relativt liten produktion av livsmedel per ytenhet. Bioenergins inverkan på livsmedelspriser och hunger i världen har av dessa skäl bedömts vara begränsad¹⁸ och av betydligt mindre betydelse än exempelvis foderproduktionen. Det är också svårt att se att en given konflikt råder så länge stora ytor jordbruksmark ligger i träda, exempelvis i Sverige. Detta betyder inte att det finns obegränsad tillgång på produktiv mark i världen, tvärtom, så frågan är viktig att fortsatt diskutera. Men konflikten mellan olika behov och intressen rör långt mer än livsmedel i förhållande till biobränslen.

- Bör rimligen inte all markanvändning – från foderproduktion till användning av produktiv jordbruksmark för tobak, golfspel, villaområden och köpcentrum – beaktas utifrån ett helhetsperspektiv?

1.3.2 Indirekt markanvändning

En relaterad debatt som också växte fram för lite över tio år sedan handlar om att användningen av grödor eller träd som biobränslen på en plats påverkar markanvändningen på andra ställen, i ett slags katten-på-rättan-förlopp¹⁹. Om alla andra behov av produkter från gröna näringar är konstanta kan en utökad produktion av biobränslen från jordbruks- eller skogsmark i Europa medföra en ökad total press på de gröna ytorna i världen. Med konstanta behov kan det i förlängningen göra att tropiska regnskogar omvandlas till odlingsbar mark, vilket skadar både klimatet och den biologiska mångfalden.

Men även i detta fall har flera studier visat att sådana indirekta markanvändningseffekter (ILCU, "indirect land use change") är komplexa och ofta möjliga att styra i hållbar riktning²⁰. Trots den kunskapen sker debatten om bioenergi ofta helt utan en kontextuell nyansering mellan typ av biobränsle, form av produktion och geografiskt sammanhang. Varför just biobränslen, som produceras på en förhållandevis liten andel av den yta som används för jordbruk och skogsbruk i världen, ska tillskrivas marginaleffekter förklaras sällan.

- Är det rimligt att beakta användningen av jordbruksmark för produktion av alkohol, foder och tobak, eller för golfbanor och asfalterade ytor, som något givet och konstant, medan all produktion av biobränslen ska anses vara tillkommande och ge additionella effekter?

1.3.3 Klimatpåverkan

En ytterligare komponent i både den internationella och svenska kritiken mot biobränslen handlar om deras klimateffektivitet. Den frågan är egentligen inte heller ny. Trots den grundläggande skillnaden mellan fossil energi och bioenergi är det väl känt att vissa biodrivmedel för fordon som har producerats ineffektivt och med mycket fossil hjälpenergi kan ge större totala utsläpp av växthusgaser än konventionella fossila drivmedel som bensin och diesel. Men både forskning och bedömningar av expertorgan och miljöorganisationer visar att även det motsatta ofta gäller²¹.

Återigen spelar alltså förhållandena i det enskilda fallet en avgörande roll. Att vissa biobränslen – exempelvis många oljepalmsprodukter – ger större klimatpåverkan än fossila bränslen skapar givetvis ingen klimatnytta, men det innebär inte alla biobränslen har en sådan profil. Tvärtom finns det allmänt sett starkt vetenskapligt stöd för att det i många fall går att uppnå stor klimatnytta med bioenergi²².

- Är det därmed rimligt att tala om biobränslen utan att skilja på vilka bränslen det rör sig om och hur de har producerats?

1.3.4 Biologisk mångfald

Slutligen kritiseras bioenergi för att ha en negativ inverkan på biologisk mångfald, exempelvis för att odling av energigrödor hotar växter och djur i odlingslandskapet och för att naturskogar fälls för bioenergiändamål. Eftersom miljömålen för biologisk mångfald inte uppnås och areella näringar utgör en orsak till detta så är det förstås viktigt att diskutera hur markanvändningen sker²³. Det finns tyvärr exempel runt om i världen på att biobränslen ger oacceptabla skador.

Men en relevant fråga för svensk del är i vilken utsträckning uttag av biomassa för energiändamål är sämre än motsvarande areella näringar, eller om energibehovet alls är motivet för att ett visst ekosystem brukas. Om exempelvis vete produceras för att bli råvara för livsmedel eller för biodrivmedel så blir effekten på åkern och i odlingslandskapet i övrigt densamma. Detsamma gäller rimligtvis för skogsbruket, som nästan uteslutande drivs av pappers- och massaproduktion samt trävaruproduktionen, med husbehovstäkt av brännved till enskilda kaminer som främsta undantag.

- Om skog avverkas för massaproduktion eller för att bli sågade produkter, och vissa restprodukter av biomassa i skogen och industrin därefter används som biobränslen – är det då rimligt att lägga enbart användningen av bioenergi under luppen?

Dessa fyra olika delar av bioenergidebatten kommer att tas upp mer ingående i nästa avsnitt i sammanhanget skogliga biobränslen.

2. Skog blir värme och el

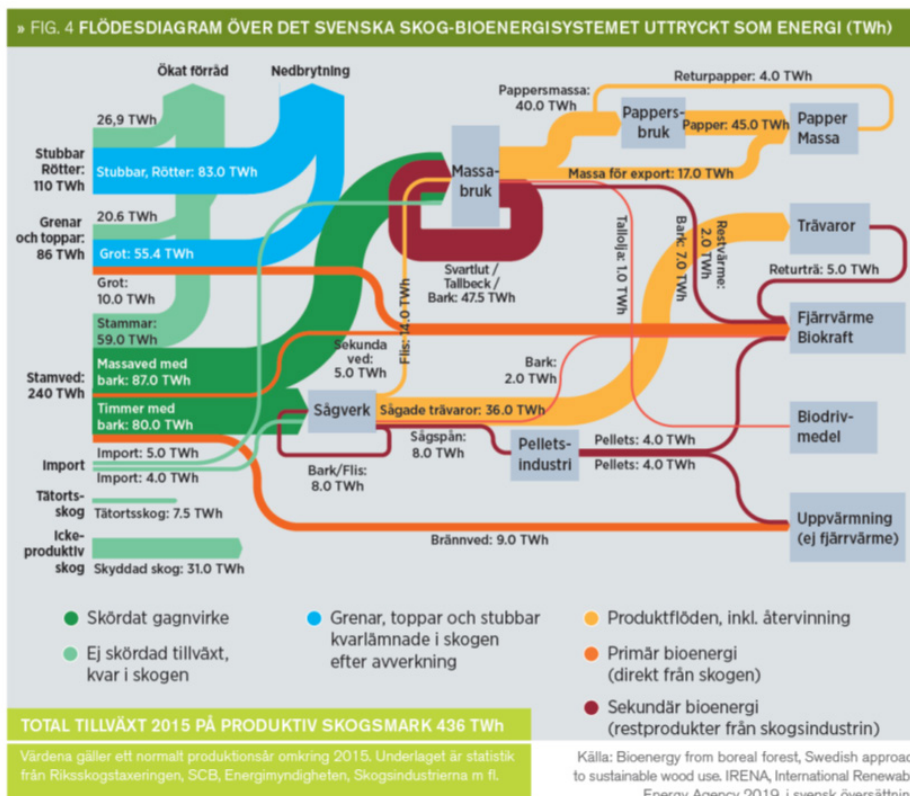
2.1 Uttaget av biomassa för energiändamål

Bioenergi är det största energislaget i Sverige. Merparten biobränslen kommer från skogen och används inom industrin och i kraftvärmesystem²⁴. Diagrammet i figur 3 visar hur flödena av biomassa, beskrivna i energienheter, ser ut²⁵. Följande punkter är viktiga att beakta i diskussionen om bioenergi:

- Diagrammet visar att knappt en fjärdedel av tillväxten (24 procent) i den produktiva skogen i Sverige inte avverkas ("ökat förråd"). Med enstaka år som undantag har volymen skogsbiomassa fortlöpande ökat i decennier och det totala virkesförrådet är idag mer än dubbelt så stort som på 1920-talet²⁶.
- Detta innebär att trädens totala innehåll av kol i Sverige har ökat avsevärt det senaste seklet, uppskattningsvis motsvarande 2,5 miljarder ton koldioxid²⁷ (att jämföra med de årliga svenska utsläppen på knappt 52 miljarder ton²⁸).
- Scenarier pekar på att om skogsskötseln fortsätter ungefär som idag kommer tillväxten av virkesförrådet fortsätta i samma takt i omkring ytterligare ett århundrade²⁹, även om det förstås finns mycket stora osäkerheter över så långa tidsperioder.
- Ytterligare drygt en tredjedel av tillväxten (34 procent), i form av grenar, toppar, rötter och stubbar lämnas kvar i skogen ("nedbrytning"). Dessa omvandlas i huvudsak förr eller senare till koldioxid. Om en del av denna biomassa skulle brännas i ett kraftvärmeverk skulle lika mycket

koldioxid bildas. När det gäller så kallad "grot" (grenar och toppar) lämnas fem gånger så mycket kvar på hyggen jämfört med mängden som blir bioenergi.

- Av det som avverkas blir det mesta (87 procent) massaved och timmer. Resterande del (13 procent, motsvarande 24 TWh) används direkt som biobränslen, varav merparten är restprodukter i form av grot (grenar och toppar) och kasserad ved. Inom massa- och sågverksindustrin bildas också en rad restprodukter i form av lutar, sågspån, bark mm, som används för energiändamål, såväl inom massaindustrin som för kraft- och värmeproduktion (totalt 72,5 TWh³⁰).



2.2 Leder användning av biobränslen också till koldioxidutsläpp?

Ett korrekt påstående i debatten är att användningen av bioenergi orsakar utsläpp av koldioxid. Även om lika mycket koldioxid en gång bundits upp i en växt så stämmer det att förbränning av densamma gör att halten av koldioxid i luften omgående ökar³². Det kan tyckas strida mot såväl de internationella som nationella klimatmålen, som innebär att koldioxidutsläppen behöver minska snabbt. Det finns dock argument mot detta, om vi nu fokuserar på användningen av skoglig biokraftvärme i Sverige.

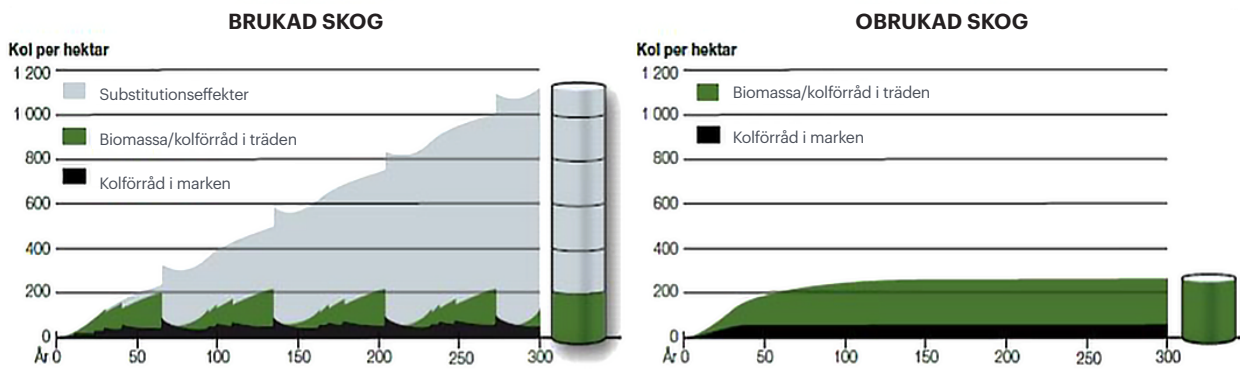
För det första så bryts merparten restprodukter från skogsbruket, massa- och pappersindustrin och sågverken ner till koldioxid oavsett om de används som biobränslen eller inte, inom de tidsramar som klimatpolitiken fokuserar på³³, dels fram till 2045 då Sverige ska nå netto-noll-utsläpp, dels decennierna därefter då upptag av växthusgaser ska vara större än eventuellt återstående utsläpp (dvs. nettonegativ balans)³⁴. Att använda energi i biomassa i restprodukter av för att producera el och värme innebär alltså inte någon extra ökning av koldioxidhalten i luften under denna tidsram. Den som av klimatskäl vill säga nej till all förbränning som ger koldioxidutsläpp, inklusive användning av skoglig bioenergi, bör snarast säga nej till att papper och massa överhuvudtaget produceras – sådana produkter omvandlas ganska snabbt till koldioxid. Däremot innebär produktionen av virke i regel att kol binds i produkter under flera decennier. Den som av klimatskäl bejaktar en sådan produktion men fortsätter säga nej till att nyttja restprodukter, såsom bark och spån, som biobränslen förordar indirekt att dessa ska läggas på deponi. Det är inte tillåtet men skulle i vilket fall innebära en omvandling till koldioxid. Det vore inte resurseffektivt att slösa bort sådana energiresurser.

Så länge massa, papper och virke produceras till böcker, tidningar, toalettpapper, mjölkpaket, möbler och hus så finns alltså goda klimatomständiga argument för att ta tillvara på restprodukter³⁵. Det ger i sig inget nettotillskott av koldioxid och det är sannolikt att biobaserade material blir vanligare i en framtida biobaserad ekonomi. Ibland sägs bioenergin i dessa sammanhang vara klimatneutral men det är samtidigt ett begrepp som är svårtolkat och som används på olika sätt i debatten och därför är otydligt³⁶.

För det andra kan bioenergi användas för att ersätta fossila bränslen. Det har stadigt blivit allt vanligare i fjärr- och kraftvärmerna under decennier, och mer nyligen inom transportsektorn (se figur 1 och 2). I kraftvärmerna har biomassan i huvudsak bestått av skogliga biobränslen från Sverige, som nästan uteslutande är restprodukter från skogsnäringen (se ovan). Istället för att restprodukterna, såsom grot, omvandlas till koldioxid på ett hygge, och fossila bränslen samtidigt förbränns för att ge el och värme med utsläpp av fossilt baserad koldioxid som följd, ersätter de förra de senare, den s k substitutionseffekten. Det fossila kolet stannar då i berggrunden. När biomassan sedan återväxer binds återigen koldioxiden. Ett sådant system ger i sig en stor klimatnytta med tiden (se figur 4). Då biomassan i skogen dessutom ökar med tiden innebär systemet, utöver substitutionseffekten, att mer kol binds in än vad som frigörs, vilket ytterligare ökar klimatnyttan.³⁷

I den inledningsvis refererade och omdebatterade rapporten från Europeiska kommissionens Joint Research Centre³⁹ (JRC) studeras en rad olika typer av skogligt baserad bioenergi inom olika områden, bland annat för användningen av restprodukter från skogsbruk. Både klimatnytta och effekter på biologisk mångfald av bioenergi undersöks i förhållande till alternativ markanvändning och fossila bränslen.

JRC-rapporten är omfattande, men de viktigaste resultaten sammanfattas i en lättöverskådlig, kvalitativ utformad, matris som redovisar 24 olika varianter för användning av skog för bioenergi, där klimatnyttan framgår i vertikal riktning och effekter på biologisk mångfald i horisontell riktning⁴⁰:



Förutsättningar:

Brukad skog. Planteras, röjs, gallras och avverkas med regelbundna mellanrum under 300 år.

I den brukade skogen bygger man upp ett virkesförråd under ca 70 år som sedan till större delen avverkas. Vireke och bibränsle används som ersättning till andra, klimatpåverkande material och energislag.

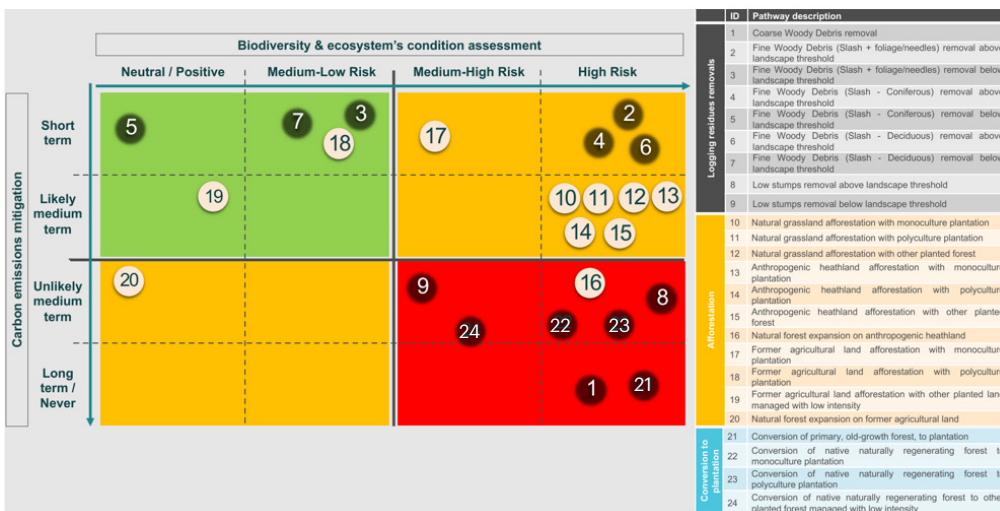
Obrukad skog. Får utvecklas fritt under 300 år.

I den obrukade skogen byggs virkesförrådet upp bara en gång - och förändras sedan obetydligt över tiden. Träden gör tjänst som kolsänka, men i den obrukade skogen går man helt miste om substitutionseffekten.

Figur 4. Jämförelse av kollager och kolflöden mellan en brukad och en obrukad skog³⁸.

Som framgår av figur 5 befinner sig nyttjandet av exempelvis grot (närmast motsvarande siffrorna 3, 5 och 7) – vilket som framgått är en huvudsaklig källa till bioenergi från svenska skogar – i det grönfärgade fältet, med klimatnytta redan i ett kortare tidsperspektiv. Risker för biologisk mångfald är låga eller obefintliga i dessa fall. Om däremot, exempelvis, gammal skog skulle ersättas med plantager (nr. 21) eller om grov död ved (nr. 1) skulle nyttjas blir situationen den omvända, med problem för både klimatet och den biologiska mångfalden.

En annan typ av vanlig invändning när bioenergens klimatnytta diskuteras är att fossila bränslen inte ska ersättas med biobränslen, utan att effektivisering och elektrifiering av transport- och energisystemen istället ska prioriteras. Behovet av effektivisering är stort och bättre klimatåtgärder är svåra att finna, vilket har lyfts fram i alla klimatambitiösa scenarier i expertrapporter och utredningar på senare år⁴¹.



Figur 5. Effekter på klimat och biologisk mångfald av olika användning av skoglig bioenergi.

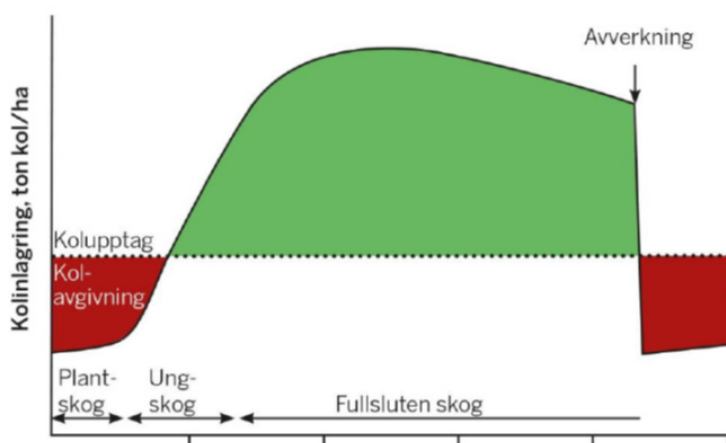
Men även med maximal effektivisering i vidaste mening behövs en viss energitillförsel och så vitt känt finns inte ett enda scenario där elektrifiering i närtid helt ersätter fossila bränslen i transporter och produktionen av värme och el⁴². Då uppstår frågan varför biobränslen inte ska utnyttjas (förutsatt att livscykelanalyser visar att de är klimatmässigt överlägsna tillgängliga alternativ), när ett nej till bioenergi skulle innebära ett ja till fossil energi, exempelvis för drivmedel. I fallet biokraftvärme i Sverige uppstår dessutom frågan om den avveckling av lokal bostads- och lokaluppvärmning med olja samt direktverkande el som pågått under decennier till förmån för fjärrvärmeutbyggnad, plötsligt ska vändas i sin motsats. Eftersom det av dessa skäl saknas grund för att säga nej till biobränslen internationellt och nationellt innehåller såväl forskares och expertorganisationers⁴³ som miljöorganisationers⁴⁴ scenarier och bedömningar ofta en ansevärd och ökande tillförsel av bioenergi.

Sammanfattningsvis innebär användning av skoglig bioenergi en klart minskad klimatpåverkan. Men kan läget bli ännu bättre om skogen med allt kol hålls orörd?

2.3 Vore det bättre att låta skogen stå?

Även om skogliga biobränslen kan anses ge klimatnytta vid substitution av fossila bränslen så väcker vissa frågan om det trots allt inte vore ännu bättre att av klimatskäl låta skogen stå obrukad, så att kol-förrådet behålls över tid. Här visar forskningen hur träd växer och tar upp kol över tid och hur kolbalansen under en skogsproduktionscykel i ett bestånd förändras (se figur 6).

Om startpunkten för en analys sätts vid slutavverkningen förs inledningsvis biomassan bort samtidigt som det läcker kol från hygget på grund av nedbrytningsprocesser på barliggande mark. Efter sådd och plantering tas alltmer kol upp i plantornas fotosyntes, inledningsvis långsamt men med tiden i accelererande takt, särskilt när ett bestånd har slutits. Röjning och gallring påverkar processerna men så småningom har det initiala kolutsläppet kompenserats och ett ordentligt nettoupptag fortsätter till dess skogen är fullvuxen. Förloppet tar inte sällan 50–100 år, beroende på trädslag och bördighet på platsen. En skog som inte avverkas kan fortsätta att binda upp kol men oftast i avsevärt lägre takt, samtidigt som skogsekosystemets celländning tilltar, vilket skapar alltmer av balans mellan upptag och utsläpp. Det innebär att produktionsskogar som inte avverkas med tiden som mest får en marginellt ökad betydelse i energisystemen och klimatpolitiken.⁴⁵



Figur 6. Förändringar av kolinlagring i skogsbruket⁴⁶

Principskiss på hur olika kolinlagringen, under en omloppstid vid trakthyggesbruk, kan se ut. Det gröna området visar att skogen tar upp mer koldioxid än den avger. I de röda områdena är förhållande det motsatta. Förlaga: Peter Roberntz.

Om bedömningen av klimateffekter reduceras till enstaka träd och korta tidsperioder med avverkning som antagen startpunkt kan användning av biobränslen från skogen verka som en klimatmässigt kontraproduktiv orsak till stora kolskulder. Men om bedömningen istället börjar vid planteringen, utifrån antagandet att träd måste växa upp innan de kan avverkas, och om tidsramen är lång och större produktionsenheter beaktas, framstår verksamheten som klimatmässigt bra och vida överlägsen fossila bränslen⁴⁷.

Olika debattörer och forskare har intagit olika utgångspunkter i denna fråga och vissa försök till översikter⁴⁸ och vetenskaplig medling har genomförts⁴⁹. Upplägget av en saklig analys är dock inte nödvändigtvis en godtycklig medelväg mellan olika uppfattningar. Det rimliga är att relatera bioenergin till en tidsram som är klimatmässigt relevant och en geografisk ram som är hanterbar. Med tanke på att utsläpp av koldioxid finns kvar i hundraårsperspektiv och skogslagstiftningen är nationell så framstår åtminstone en långsiktig landskapsram som mest rimlig och ändamålsenlig, något som understryks i en ny omfattande genomgång av den vetenskapliga litteraturen, utförd av en lång rad ledande forskare inom området⁵⁰. I studien påtalas att en kortsiktig analysram riskerar leda till slutsatser som försvårar möjligheterna att nå klimatmålen på medellång och lång sikt. Ännu bättre skulle kunna vara att relatera olika bioenergisystem till specifika utsläppsbudgetar för länder eller sektorer men sådana finns ännu inte antagna för svensk del⁵¹. I vilket fall står det klart att fossila bränslen i Sverige fortlöpande ersätts av bioenergi från restprodukter från en liten del av tillväxten i ett allt större skogsbestånd, som i sig rymmer alltmer kol⁵².

Här uppstår frågan om biobränslen skapar klimatnytta även om substitution av fossila bränslen inte längre sker, när dessa har avvecklats fram mot seklets mitt. Högst sannolikt kan skoglig bioenergi ge klimatmässiga fördelar även då, förutsatt att de kopplas till olika tekniker att binda koldioxid. De som framförallt utvecklas idag är⁵³:

System för BECCS ("Bio Energy Carbon Capture and Storage") med avskiljning, transport och långsiktig lagring av koldioxid, där den avskilda och lagrade koldioxiden hålls permanent isolerad från atmosfären. Sådana system är i första hand ett alternativ för stora utsläppskällor, då tekniken kräver relativt stora investeringar. BECCS tillämpas på koldioxidutsläpp med biogent ursprung och ger därmed upphov till en nettonegativ klimateffekt, dvs. ett totalt upptag av koldioxid från atmosfären.

System för biokol som syftar till att med begränsad syretillförsel hetta upp biomassa för att omforma kolstrukturen i biomassan till kolföreningar som är stabila i hundratals år. Även i denna process minskas den mängd kol som ingår i det snabba kretslopp som påverkar koldioxidhalten i atmosfären, samtidigt som processen genererar värme som kan växlas ut på fjärrvärmenätet. Biokol kan bevaras långsiktigt i exempelvis jordbruksmark och där ge ökad bördighet.

De flesta IPCC-scenarier som utgår ifrån ambitiösa klimatmål förutsätter tekniker för att binda koldioxid ur atmosfären⁵⁴. Erfarenheterna av dessa tekniker är dock ännu begränsade såväl i Sverige som i andra länder, men pågående satsningar gör att kunskaperna ökar snabbt.

Avslutningsvis behöver klimateffekterna av att låta skogen stå bedömas även utifrån ett bredare systemperspektiv. Trots allt efterfrågas en rad skogsbaserade produkter och inriktningen mot en bioekonomi lär snarare öka än minska användningen av biomassa. Om skogen inte ska brukas uppstår frågan om hur befintliga produkter ska ersättas. Även om vissa produkter kan avvaras och konsumtionsnivåerna kan sänkas ordentligt är det svårt att under överskådlig tid tänka sig ett samhälle helt utan bokproduktion, toalettpapper och förpackningsmaterial, för att inte tala om möbler och byggnadsmaterial i trä. Men om så vore fallet bör rimligen de biobaserade produkternas klimatpåverkan jämföras med klimatprestandan i tänkbara ersättningsprodukter. Såvitt vi kan se är varken fossilbaserad förpackningsplast eller stål och cement som byggmaterial att föredra ur ett klimatperspektiv.

Sammanfattningsvis är det under överskådlig tid, klimatomåttligt bättre att använda skoglig bioenergi i Sverige än att låta skogen stå.⁵⁵ Däremot bör diskussionen föras om hur mycket som bör tas ut och för vilka syften, samt när och hur det bäst kan ske. En sådan diskussion kräver mer kvalificerade resonemang än ett blankt nej till all bioenergi. Och inte minst är det då viktigt att diskutera vilka andra hänsyn som behöver tas.

2.4 Tar den biologiska mångfalden skada av bioenergin?

Det är ett faktum att miljömålen som rör Levande skogar och Ett rikt växt- och djurliv inte uppnås och att forskarnas lista över hotade arter i skogsekosystemen är lång⁵⁶. Skogsbruket påverkar onekligen den biologiska mångfalden. Trots stärkta insatser från markägare och samhällets sida i form av hänsyn och skydd av områden återstår mycket arbete innan miljömålen uppnås.

Frågan i detta sammanhang är dock om användningen av restprodukter från skogliga produktionskedjor alls påverkar situationen i skogen på ett avgörande sätt. Forskningen pekar på att så inte är fallet – det i särklass mest ingripande momentet i skogsbruket idag är slutavverkningen och den har inte med bioenergin att göra. Uttag av grot i detta sammanhang kan ske på sätt som inte försämrar situationen för biologisk mångfald och det berör dessutom förhållandevis små volymer och ytor i Sverige (se figur 3). Genom att bland annat inte nyttja sparsamt förekommande träd eller träd med höga naturvärden, säkerställa att naturvårdshänsynen inte minskar, samt återföra aska efter biobränsleuttag, kan bioenergin inverkan göras mer eller mindre försumbar. Och oavsett om skogsbruket sker med hyggesfria metoder eller med trakthyggesbruk⁵⁷, vilket debatteras idag⁵⁸, och oavsett om den ena metoden anses bättre än den andra ur ett visst perspektiv – exempelvis för ekonomi, klimat eller biologisk mångfald – så uppstår förr eller senare alltid restprodukter som ur ett klimatomåttligt perspektiv gör bäst nytta om de används som bioenergi.

Att skogsbruket i sin helhet påverkar biologisk mångfald kraftigt bör rimligen inte föranleda kritik mot bioenergi av naturvårdsskäl, än mindre av klimatskäl.

Men kan inte det totala uttaget bli för stort, mot bakgrund av de stora och växande anspråken på skogen? Denna fråga – om skogen i Sverige räcker – måste mötas med motfrågan "till vad?".

Skogen växer men det gör också efterfrågan på bioenergi, samtidigt som naturvärden behöver större arealer skyddad mark om miljömålen ska kunna nås. Olika studier som sammanfört och granskat denna fråga, exempelvis utifrån den efterfråga på biomassa som på olika sätt uttrycks i Fossilfritt Sveriges färdplaner för olika branscher, har dragit skilda slutsatser, från svaret att skogen inte räcker för de behov som branscherna lyft fram, till att i fallet bioenergi se en stor och tillräcklig ökningspotential⁵⁹.

I den ovan nämnda rapporten från JRC⁶⁰ framgår som sagt att det mest fördelaktiga gällande såväl klimat som biologisk mångfald är skogsbruk och användning av finare delar av grot, framför allt från barrskog tas omhand för energiändamål. Som studien och matrisen ovan (se figur 5) pekar på är variationen mellan olika typer av bioenergi stor och en bedömning måste dessutom alltid ske i förhållande till den specifika kontexten. I dagsläget är det dock tydligt att användning av biomassa från restprodukter från svenskt skogsbruk för energiändamål bör klassas som "win-win" enligt JRC-rapportens indelning.

Att användningen av restprodukter för energiändamål inte driver skogsbruket som sådant framgår också av en översiktlig studie av bioenergin andel av den svenska skogens förädlingsvärde. Restprodukterna i form av grot står för ett förädlingsvärde som idag uppgår till cirka 1 procent av skogens totala förädlingsvärde. Bioekonomin drivs i stället av framför allt sågvirke, där försäljning av restprodukter till energisektorn (spån, torrflis och bark) utgör cirka 5–6 procent av sågindustrins omsättning.

Totalt bedöms att cirka 8 procent av den totala bioekonomins förädlingsvärde genereras i energisektorn⁶¹.

I denna korta rapport kan vi inte reda ut frågan på djupet, men kanske ligger ett rimligt svar mitt emellan. Å ena sidan skulle ett snabbt och rejält ökat uttag av biobränslen från den svenska skogen – obeaktat klimatnyttor – kunna vara miljömässigt problematiskt, å andra sidan finns det en potential att öka uttaget utan att den biologiska mångfalden tar skada⁶². Från akademiskt håll har forskare fört fram potentialsiffror för skogsbiobränslen, som år 2016 låg på 25–30 TWh, och då bedömdes till 35–50 TWh år 2050⁶³. Även bland miljöorganisationerna finns uppfattningen att det går att öka uttaget av exempelvis grot och på den punkten föreslår Naturskyddsföreningen ett mer än fördubblat uttag fram till 2040⁶⁴. Däremot är uttag av stubbar – som idag är försumbart – en mer omdiskuterad fråga även om visst uttag anses möjligt av forskare⁶⁵.

En viktigare aspekt för många leverantörer av biokraftvärme är dock att ett ökat uttag inte verkar behövas i framtiden för att kunna leverera de efterfrågade energitjänsterna värme, elenergi och styrbar eleffekt. Det verkar med andra ord finnas god grund för samsyn i denna fråga, mellan en rad olika aktörer.

3. Slutsatser

Den här rapporten beskriver vilken inverkan bioenergianvändning från skogliga råvaror i Sverige kan ha på klimat och biologisk mångfald. Den har inte ingående behandlat andra biobränslen, producerade under andra förhållanden.

Diskussionen om bioenergi måste kvalificeras och vila på vetenskaplig grund

En första slutsats av genomgången är att de olika typer av invändningar som kan finnas mot bioenergi är högst beroende av förhållandena i de enskilda fallen. Variationen är stor. I den nu pågående debatten däremot, talas ofta om bioenergi eller biobränslen utan distinktioner och nyanser. Det är olyckligt och missvisande, i värsta fall vilseledande, och det leder inte framåt.

Det behövs en debatt om bioenergi, internationellt och nationellt. Men debatten måste nyanseras och ta sig förbi den schablonartade bild som ofta förs fram idag. Inte minst behöver debatten vila på vetenskaplig grund, vilket långt ifrån alltid är fallet i dag. Vi hoppas att denna rapport har varit till hjälp för en sådan strävan.

Klimatnyttan med skogsbiobränslen i svensk kraftvärme är stor

En andra slutsats är att de generella påståendena i debatten om att skoglig bioenergi i Sverige skulle vara likvärdig med, eller till och med sämre än, fossil energi saknar grund. Vetenskapen visar tydligt att klimatnyttan med skogsbiobränslen i svensk kraftvärme är stor. Med utvecklad teknik, exempelvis BECCS, kan det fortsätta vara så långt in i framtiden, troligen som en teknik som är helt nödvändig för att kunna klara de långtgående ambitionerna med negativa utsläpp som behövs för att nå klimatmålen i såväl Parisavtalet som i det svenska klimatpolitiska ramverket.

Hållbar bioenergi behövs för att klara klimatmålen

Det gäller globalt och inom Sverige. Den slutsatsen vilar på en solid vetenskaplig grund. Bioenergi spelar en central roll i de scenarier och förslag som utgår ifrån ambitiösa klimatmål som vi kunnat hitta, vare sig dessa kommer från internationella expertorgan, svenska myndigheter eller ledande miljöorganisationer. Precis som för all annan verksamhet krävs dock att hållbarhetskrav tillämpas även på bioenergisystem, inklusive skogliga biobränslen. Den frågan har vi inte fördjupat i denna rapport.

Fotnoter

- ¹ Kritiska artiklar finns exempelvis i Nilsson (2021) Avveckla biobränslet. Dagens Industri 2/5/20; Gustafsson (2020) Biodrivmedel är en återvänder-gränd. Dagens industri 12/9/20; Ehrenberg (2020) Ett nederlag för klimatet – och för MP. Dagens ETC 15/9/20; Klugman (2020) Miljörörelsen oense om nästa stora strid. Nyhetsmagasinet Syre 19/11/20. Wirsenius & Searchinger (2018) Satsningen på biodrivmedel ökar koldioxidutsläppen. Dagens Nyheter 13/12/18; Lindroth & Moberg (2017) Kalhyggesbruk ger stora utsläpp av växthusgaser. Dagens Nyheter 11/9/17. Kritiska röster finns i Vetenskapsradion Klotet (2020a) Forskare ifrågasätter klimatnyttan med biobränslen. Sveriges Radio 28/10/20; samt Vetenskapsradion Klotet (2020b) Svårt få skogen att räcka till allt biobränsle. Sveriges Radio 21/10/20. Se även översikt i Berndes et al. (2020) The use of forest biomass for climate change mitigation: dispelling some misconceptions. IEA Bioenergy. Paris: IEA.
- ² Se exempelvis IPCC (2018) Global Warming of 1.5 °C. Geneva: IPCC.
- ³ Alfredsson & Karlsson (2016) Klimatpolitik under osäkerhet. Kostnader och nyttor – bevis och beslut. I: Miljömålsberedningen (2016) En klimat- och luftstrategi för Sverige. SOU 2016:47 I-II. Stockholm: Wolters Kluwer.
- ⁴ Bergh et al. (2020) Skogens kolbalans och klimatet. Jönköping: Skogsstyrelsen.
- ⁵ Det framgår av scenarier i till exempel IPCC (2018) a.a.
- ⁶ Energimyndigheten (2020) Energiläget 2020. Eskilstuna: Energimyndigheten.
- ⁷ Energimyndigheten (2021) Energiläget i siffror 2021. Eskilstuna: Energimyndigheten. (I siffran för total tillförsel ingår inte de stora förluster i kärnkraften.)
- ⁸ Svebio (2021) Biovärme. Tillgänglig (1/5 2021) på: <https://www.svebio.se/om-bioenergi/biovarme/>
- ⁹ Energimyndigheten (2021) Energiindikatorer 2021. Rapport ER 2021_10. Eskilstuna: Energimyndigheten.
- ¹⁰ Black-Samuelsson et al. (2017) Bioenergi på rätt sätt – om hållbar bioenergi i Sverige och andra länder. Rapport av Skogsstyrelsen, Energimyndigheten, Jordbruksverket och Naturvårdsverket. Rapport 10. Jönköping: Skogsstyrelsen.
- ¹¹ Energimyndigheten (2020) a.a.
- ¹² Gustafsson (2020) a.a.; Ehrenberg (2019) Därför är bioenergi det nya stora hotet. Dagens ETC 4/8/19.
- ¹³ "Vi kan varken bränna olja, skog, slakteriavfall eller raps och andra grödor --- säger Isadora Wronski, chef för Greenpeace Sverige." i Klugman (2020) a.a. Se även "Energi" på www.greenpeace.org/sweden/tag/energi/ (23/11/20).
- ¹⁴ Söderberg & Eckerberg (2013) Rising policy conflicts in Europe over bioenergy and forestry. Forest Policy and Economics 33 112-19. För exempel på kritik, se Beddington et al. (2018) Letter from Scientists to the EU Parliament Regarding Forest Biomass. Tillgänglig (23/11/20) på: www.pfpi.net/wp-content/uploads/2018/04/UPDATE-800-signatures_Scientist-Letter-on-EU-Forest-Biomass.pdf; samt Birdlife, T&E (2016) The Black Book of Bioenergy. Tillgänglig på (23/11/20): www.birdlife.org/sites/default/files/bbb_3.2_web_lowres.pdf.
- ¹⁵ Camia et al. (2021) The use of woody biomass for energy production in the EU. Bryssel: JRC. Energy Science Hub. Tillgänglig (1/5 2021) på: <https://ec.europa.eu/jrc>.
- ¹⁶ Runge & Senauer (2007) How Biofuels Could Starve the Poor. Foreign Affairs 86, May/June; Ziegler (2007) UN independent rights expert calls for five-year freeze on biofuel production. UN 26/10/07.
- ¹⁷ Baffes & Haniotis (2010) Placing the 2006/08 Commodity Price Boom into Perspective. Policy Research Working Paper 5371. Washington DC: World Bank; Kline et al. (2017) Reconciling food security and bioenergy: priorities for action. Global change biology Bioenergy 9, 557-576; Tomei & Helliwell (2016) Food versus fuel? Going beyond biofuels. Land Use Policy 56, 320-326; Humpenöder et al. (2017) Large-scale bioenergy production: how to resolve sustainability trade-offs? Environmental Research Letters 13, 024011.
- ¹⁸ Hamelinck (2013) Biofuels and food security. Risks and opportunities. Utrecht: Ecofys. Se också Muscat et al. (2020) The battle for biomass: A systematic review of food-feed-fuel competition. Global Food Security 25, 100330.
- ¹⁹ Fargione et al. (2008) Land Clearing and the Biofuel Carbon Debt. Science 319, 1235-38; Searchinger et al. (2008) Use of U.S. Croplands for Biofuels Increased Greenhouse Gases Through Land Use Change. Science 319, 1238-40. En senare studie är Hof et al. (2018) Bioenergy cropland expansion may offset positive effects of climate change mitigation for global vertebrate diversity. PNAS 115, 13294-13299.
- ²⁰ Berndes et al. (2012) Bioenergy and land use change-state of the art. WIREs Energy Environment 2, 282-303; Börjesson (2008) Good or bad ethanol – what determines this? Lund: Lund University.
- ²¹ En tydlig illustration finns i analysen av utsläpp "well-to-wheel", se t.ex. JEC (2014) Well-to-Wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context. 4.a (figure 6). Brussels: Joint Research Centre, European Commission. För inkludering av effekter av förändrad markanvändning, se Valin et al. (2015) The land use change impact of biofuels consumed in the EU Quantification of area and greenhouse gas impacts. Utrecht: ECOFYS; samt T&E (2016) Globiom: the basis for biofuel policy post-2020. Brussels: T&E.
- ²² Se bl.a. not 4, 17 och 18.
- ²³ Naturvårdsverket (2020a) Miljömålen. Årlig uppföljning av Sveriges nationella miljömål 2020. Stockholm: Naturvårdsverket; Artdatabanken (2020) Rödlister arter i Sverige 2020. Uppsala: SLU.
- ²⁴ Energimyndigheten (2020) a.a.
- ²⁵ IRENA (2019), Bioenergy from boreal forests: Swedish approach to sustainable wood use. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency (IRENA).
- ²⁶ SLU (2020) Skogsdata 2020. Figur 1.7. Umeå: SLU, Institutionen för skoglig resurshushållning.
- ²⁷ Bergh et al. (2020) a.a.
- ²⁸ Naturvårdsverket (2020b) Territoriella utsläpp och upptag av växthusgaser. Tillgänglig (23/11/20) på www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Vaxthusgaser-territoriella-utslapp-och-upptag.
- ²⁹ Claesson et al. (2015) Skogliga konsekvensanalyser 2015. SKA 15. Rapport 10. Jönköping: Skogsstyrelsen.
- ³⁰ Som framgår av figuren importeras även 9 TWh biomassa utöver de 191 TWh som tas ut från den svenska skogen.
- ³¹ Figuren kommer från IRENA (2019) i version översatt i: Svebio (2020) Färdplan bioenergi – så möter vi behovet av bioenergi för fossilfritt Sverige. Stockholm: Svebio.

- ³² I debatten påstås också ibland att dessa utsläpp av koldioxid inte beaktas i klimatpolitiken. Det är ett missvisande påstående. Förvisso bokförs inte sådana utsläpp när de sker från en skorsten, men förklaringen är att förändrade kolflöden och kolförråd enligt FN:s klimatkonvention istället redovisas inom ramen för sektorn markanvändning. I svensk skog har kolsänkan bibehållits de senaste decennierna, trots att avverkningarna ökat. Se vidare på: Naturvårdsverket (2021) Markanvändningssektorn (LULUCF) bidrar till ett årligt nettoupptag (summan av utsläpp och upptag) av växthusgaser. Tillgänglig på: <https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Vaxthusgaser-utslapp-och-upptag-fran-markanvandning/?visuallyDisabledSeries=b82c1a2e13f4cc78>.
- ³³ Bergh et al. (2020) a.a.
- ³⁴ Se mer om klimatmålen i t.ex. Naturvårdsverket (2020a) a.a.
- ³⁵ Intressant nog delas denna uppfattning även av de forskare som ibland hänvisas till som generella kritiker av bioenergi, se t.ex. Beddington et al. (2018), 2 stycket, a.a. samt kommentaren av Michael Norton, ordförande EASAC, i Vetenskapsradion (2020a) a.a. (vid ca 30:40).
- ³⁶ Bergh et al. (2020) a.a.; Berndes et al. (2020) a.a.
- ³⁷ Bergh et al. (2020) a.a.; Berndes et al. (2020); IRENA (2019) a.a.; Gustavsson et al. (2017) Climate change effects of forestry and substitution of carbon intensive materials and fossil fuels. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 67, 612-624; Lundmark et al. (2014) Potential Roles of Swedish Forestry in the Context of Climate Change Mitigation. *Forests* 5, 557-578.
- ³⁸ Zetterberg (2015) Synsätt på biomassa och koldioxidneutralitet. Presentation på Vägval el – konkurrens om den hållbara skogen, IVL 9/11/15. En mer detaljerad figur finns i t.ex. Cowie et al. (2013) On the Timing of Greenhouse Gas Mitigation Benefits of Forest-Based Bioenergy. *IEA Bioenergy ExCo 2013:4*. Paris: IEA.
- ³⁹ Camia et al. (2020) a.a.
- ⁴⁰ De 24 typerna, eller scenarierna, baseras på bedömningen att biobränsle för energiändamål kommer från endera uttag av restprodukter från skogen, återplantering av mark, eller konvertering av naturskog till skogsplantage.
- ⁴¹ Se t.ex. International Energy Agency (2020) *World Energy Outlook*. Paris: IEA; Miljömålsberedningen (2016) a.a.; Energikommissionen (2017) *Kraftsamling för framtidens energi*. SOU 2017:2. Stockholm: Wolters Kluwer; samt IPCC (2018) a.a.
- ⁴² Ibid.
- ⁴³ International Energy Agency (2020) a.a.; IPCC (2018) a.a.; Miljömålsberedningen (2016) a.a.; Energikommissionen (2017) a.a. Se även IPCC (2011) *Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation*. Geneva: IPCC; samt Cintas et al. (2017) The potential role of forest management in Swedish scenarios towards climate neutrality by mid century. *Forest Ecology and Management* 383, 73–84.
- ⁴⁴ Naturskyddsföreningen (2019) *Fossilfritt, förnybart, flexibelt. Framtidens hållbara energisystem*. Stockholm: Naturskyddsföreningen. Detsamma gäller även i de mest ambitiösa av energiscenarier som Greenpeace upprättat, även för svenska energisystem, se: Greenpeace, EREC (2011) *The advanced energy [r]evolution. A Sustainable Energy Outlook for Sweden*. Tillgänglig på www.greenpeace.org/static/planet4-sweden-stateless/2019/01/d731d275-d731d275-energy-revolution-sweden.pdf.
- ⁴⁵ Bergh et al. (2020) a.a.; Gustavsson et al. (2017) Climate change effects of forestry and substitution of carbon intensive materials and fossil fuels. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 67, 612-624; Lundmark et al. (2014) a.a.
- ⁴⁶ Figuren hämtat från Bergh et al. (2020) sid. 15, a.a.
- ⁴⁷ Berndes et al. (2020) a.a.; Bergh et al. (2020); Cintas et al. (2017) Carbon balances of bioenergy systems using biomass from forests managed with long rotations: bridging the gap between stand and landscape assessments. *GCB Bioenergy* 9, 1238–1251; Gustavsson et al. (2017) a.a.; Zetterberg, Chen (2015) The time aspect of bioenergy – climate impacts of solid biofuels due to carbon dynamics. *GCB Bioenergy* 7, 785–796; Lundmark et al. (2014) a.a.
- ⁴⁸ Rummukainen (2021) Skogens klimatnyttor – en balansakt i prioritering (utökad utgåva) CEC Syntes 6-21. Lund: Lunds universitet.
- ⁴⁹ Berndes et al. (2018) Forests and the climate. Manage for maximum wood production or leave the forest as a carbon sink? *KSLA:s tidskrift* 157, 6. Stockholm: KSLA; Berntsson mfl (2018) Allt för generaliserande slutsatser om biodrivmedel. *Dagens Nyheter* 14/12/18; Wirsenius & Searchinger (2018) a.a.
- ⁵⁰ Cowie et al. (2021) Applying a science-based systems perspective to dispel misconceptions about climate effects of forest bioenergy. *GCB-Bioenergy*. DOI: 10.1111/gcbb.12844.
- ⁵¹ Se dock t.ex. Anderson et al (2020) A factor of two: how the mitigation plans of ‘climate progressive’ nations fall far short of Paris-compliant pathways. *Climate Policy* 20, 1290-1304.
- ⁵² Bergh et al. (2020) a.a.; Lundmark et al. (2014) a.a.
- ⁵³ Se bl.a. Hammar & Levin (2020) Time-dependent climate impact of biomass use in a fourth generation district heating system, including BECCS. *Biomass and Bioenergy* 138, 105606; IPCC (2018) a.a.
- ⁵⁴ IRENA (2019) a.a.
- ⁵⁵ Gustavsson et al. (2017) a.a.; Lundmark et al. (2014) a.a.
- ⁵⁶ Naturvårdsverket (2020a) a.a.; Artdatabanken (2020) a.a.
- ⁵⁷ I denna rapport tas inte ställning till skogsbruksmetodernas fördelar eller nackdelar, eftersom den skogligt baserade bioenergin i allt väsentligt uppkommer oavsett metod och i huvudsak efter skog har avverkats. Det viktiga ur perspektivet biologisk mångfald är att denna först värnas, på det sätt som följer av politiska mål och vetenskapligt grundade metoder, varefter skogen kan nyttjas som förnybar råvara för en rad ändamål, inklusive som energikälla.
- ⁵⁸ Se Bergh et al. (2020) a.a.
- ⁵⁹ Lundmark (2020) Skogen räcker inte – hur ska vi prioritera. *Future Forests Rapport 2020:4*. Umeå: SLU; Svebio (2020) a.a.
- ⁶⁰ Camia et al. (2020) a.a.
- ⁶¹ Tillväxanalys (2016) Den svenska bioekonomins utveckling statistik och analys. Rapport 2016:23. Östersund: Myndigheten för tillväxtpolitiska utvärderingar och analyser.
- ⁶² Ranius et al. (2018) The effects of logging residue extraction for energy on ecosystem services and biodiversity: A synthesis. *Journal of Environmental Management* 209, 409-425; de Jong et al. (2018) Miljöpåverkan av skogsbränsleuttag. En syntes av forskningsläget baserat på Bränsleprogrammet hållbarhet 2011-2016. ER 2018:02. Energimyndigheten, Eskilstuna.
- ⁶³ Börjesson (2016) Potential för ökad tillförsel och avsättning av inhemsk biomassa. i en växande svensk bioekonomi. Lund: Lunds universitet, Miljö- och energisystem.
- ⁶⁴ Naturskyddsföreningen (2019) a.a.
- ⁶⁵ Ranius et al. (2018). Se även de Jong et al. (2018) a.a.