

Beställt av
FUTNERC

Utfört av
Stefan Heyne
Viktor Stenberg
Pontus Bokinge
Jan Kjärstad
Simon Harvey
Henrik Thunman

Datum
2023-02-10

Version
Slutversion

FUTNERC

Sammanställning av råvarupotential för
förnybar drivmedelsproduktion från
biomassa

Sammanfattning

Raffinaderiindustrin står inför stora utmaningar för att ställa om till en mer hållbar framställning av drivmedel. Omställningen handlar dels om minskade utsläpp från själva anläggningar, men då den största delen av utsläpp i värdekedjan uppstår under användningsfasen, ligger fokus i raffinaderiindustrins omställningsarbete tydligt på produktion av förnybara drivmedel. Biomassa som råvara till produktion av drivmedel kan ge stora utsläppsminskningar men är samtidigt en begränsad resurs. Det finns konkurrerande användningsområden samt direktiv och konflikterande hållbarhetsmål (såsom biodiversitet) som påverkar möjligheterna till utökad användning av biomassa till drivmedelsproduktion.

I nuvarande rapport har potentialen för en utökad basis för hållbara råvaror – baserad på gällande EU direktiv (Renewable Energy Directive - RED II) – sammanställs på global nivå, för Sverige, samt delvis för Europa. De råvaror som har varit i fokus är oljor och fetter (använda matoljor (UCO – used cooking oil), animaliska fetter, tallolja), skogsråvaror och jordbruksråvaror. Potentialen för biodrivmedelsproduktion har utvärderats både som (teoretisk) maximal potential där man tillvarata all kolinnehåll i biomassan samt en potential baserad på genomsnittliga omvandlingsprocesser från biomassa till drivmedel (HVO) från dagens processer. En diskussion av framtida utveckling av styrmedel (RED III) samt konkurrerande användningsområden för biomassaråvaran kompletterar potentialbedömningen.

Oljor och fetter har en maximal potential för en ökad biodrivmedelsproduktion mot dagens nivåer på omkring 0,4 miljoner m³ HVO från svenska råvaror resp. ca 41 miljoner m³ HVO på global nivå. Det finns många konkurrerande tillämpningar för råvaran (kemiindustri, foder, kosmetika mm.) och potentialen i förhållande till behovet är begränsad. Det finns en utvecklad global marknad för handel av oljor och fetter men tillväxten i marknaden är begränsad framöver genom kopplingen till köttkonsumtionen.

Skogsbaserade råvaror såsom grenar och toppar (GROT), sågspån, bark och lignin utgör den största potentialen i Sverige. Uppemot 6,2 miljoner m³ HVO bedöms kunna produceras vid maximal kolomvandling baserat på svenska råvaror. På en global nivå är motsvarande potential 164 miljoner m³ HVO. På det sättet skulle skogsbaserade råvaror kunna ge ett relevant bidrag till bland annat Preems mål på 5 miljoner m³ förnybara drivmedel år 2030. I förhållande till volymerna som processas vid ett raffinaderi är dock punktkällorna till råvara relativt små och

geografiskt spridda. Ett kraftigt ökat uttag av restströmmar från skogen (såsom GROT) kommer även att leda till betydligt högre marginalkostnader för bränslen. Större punktkällor – såsom massabruk – har störst potential för lämpliga volymer. Nuvarande förslaget på utformningen av RED III direktivet innehåller dessutom regler som definierar ovannämnda skogsråvaror som ”primära träråvaror” och begränsar därmed möjligheter till att öka andelen biodrivmedel från dessa råvaror mot dagens nivåer.

Jordbruksbaserade råvaror utgår också en betydande potential för drivmedelsproduktion med maximal produktionspotential på 4,2 miljoner m³ HVO i Sverige och 253 miljoner m³ HVO globalt. På en global nivå utgör de därmed den största råvarupotentialen. För storskalig drivmedelsproduktion är det dock problematiskt då råvarorna har en stor geografisk spridning som gör det svårt att etablera en fungerande logistik för hela värdekedjan. Man behöver samarbeta med ett flertal aktörer och hitta lösningar för insamling och konvertering till lämplig råvara till raffinaderiinfrastrukturen.

Total uppskattas den maximala potentialen – där man tillvarata alla biogena kolatomer - för drivmedelsproduktion på hållbar biomassa till i 11,3 miljoner m³ HVO resp. 458 miljoner m³ HVO i Sverige resp. på global nivå. Räkna man med genomsnittliga omvandlingsgrader för dagens processer minskar potentialen till 5,2 miljoner m³ HVO för Sverige resp. 228 miljoner m³ globalt. Preems mål om 5 miljoner m³ drivmedel motsvarar därmed ungefär den potentialen som finns tillgängligt i Sverige. Det blir tydligt att det – givet den spridda naturen av biomassaråvaror och konkurrerande tillämpningsområden – blir utmanande att säkerställa råvarutillgången till storskalig biodrivmedelsproduktion. Skogsindustrin i Sverige (och globalt) med stora punktkällor skulle kunna bidra med relevanta bidrag till produktionsmålen.

Möjliga förändringar i styrmedlen och direktiven, långa ledtider till nya anläggningar, osäkerheter kring framtida råvarupriser och konkurrerande tillämpningsområden för biomassa gör det viktigt att tydligt definiera tilltänkta utvecklingsvägar och etablera strategiska samarbeten för att säkerställa verksamheten baserad på förnybara råvaror.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	2
Innehållsförteckning	4
1 Inledning	5
2 EU direktiv kopplade till biodrivmedel och aktuell produktionsnivå av biodrivmedel i Sverige	7
2.1 Förnybartdirektivet (RED II och III)	7
2.2 Svensk biodrivmedelsproduktion idag	10
3 Råvarupotential till framtida biodrivmedelsproduktion	12
3.1 Använda vegetabiliska oljor (UCO), animaliska fetter & tallolja	12
3.2 Skogsråvaror (GROT, spån, bark mm)	18
3.3 Jordbruksråvaror	25
3.4 Sammanfattning av potentialbedömning	26
4 Diskssuion	31
4.1 Avancerade råvaror enligt RED II	31
4.2 Biodrivmedelsproduktion och användning ur ett svenskt perspektiv	32
Bilaga A - Beräkningsunderlag och omräkningstabeller	41

1 Inledning

I enlighet med de nationella och internationella klimatmålen har drivmedelsproducenterna i Sverige satt upp mål för att ställa om sin verksamhet och satt upp ett antal mål på vägen. Då den absolut största andelen av emissionerna inom värdekedjan uppstår i användarledet (Preem: 85%¹, St1: 79%²) har stort fokus varit på förnybara drivmedel baserade på biogena/förnybara råvaror. Preem har satt upp ett mål om produktion av ca 5 miljoner m³ förnybara drivmedel år 2030, med ett delmål på 2,5 miljoner m³ år 2026. Det kan ställas i förhållande till nuvarande raffinaderikapacitet (Lysekil & Göteborg) som ligger på ca 18 miljoner m³ och Preems produktionsvolym av förnybara bränslen som år 2021 låg på 0,3 miljoner m³.

Ökad produktion och inblandning av förnybara drivmedel främjas i Sverige framför allt av reduktionsplikten³ som kräver en inblandning av biodrivmedel som leder till en minskad utsläppsintensitet för diesel respektive bensin. Minskningen mot fossil bensin och diesel trappas upp enligt lagen fram till år 2030 då drivmedelsmixen ska uppnå en minskad utsläppsintensitet på 28 % för bensin och 66 % för diesel. Reduktionsplikten är en del av omställningsarbetet i Sverige för att nå målet om en fossiloberoende fordonsflotta år 2030. Reduktionsplikten har pausats under 2022 då det beslutades att inte höja inblandningskvoten år 2023⁴. Den nya regeringen har till och med planer på att sänka ambitionsnivån för reduktionsplikten till EU mininivå under hela mandatperioden (från och med år 2024 och tre år framåt)⁵. På EU-nivå är det framför allt Förnybarhetsdirektivet (Renewable Energy Directive) som styr transportsektorn, och som är under omarbetning med ett förslag ute till beslut för RED III i nuläget. Det föreslagna målet i RED III är ett 13 % lägre växthusgasintensitet jämfört med ett fossilt jämförelsevärde för transportsektorn.

I denna rapport sammanställs potentialen för produktion av förnybara drivmedel baserad på biomassa ur svenskt, europeiskt och globalt perspektiv. Rapporten inleds med en beskrivning av de gällande förordningar och direktiv på europeisk

¹ Preem Hållbarhetsredovisning 2021, https://www.preem.se/globalassets/om-preem/hallbarhet/hallbarhetsredovisning/preem_hallbarhetsredovisning-2021_01_juni.pdf (2022-10-14)

² ST1 – Game Changer Report 2021, https://content.st1.fi/sites/default/files/2022-05/St1_Integrated_report_2021_160522.pdf (2022-10-14)

³ Lag (2017:1201) om reduktion av växthusgasutsläpp från vissa fossila drivmedel

⁴ <https://www.regeringen.se/rattsliga-dokument/departementsserien-och-promemorior/2022/03/pausad-hojning-av-reduktionsplikten-for-bensin-och-diesel-2023/> (2022-10-14)

⁵ <https://www.aktuellhallbarhet.se/miljo/miljopolitik/kristersson-sa-ska-reduktionsplikten-justeras-ner-under-mandatperioden/> (2022-11-19)



nivå samt den nuvarande produktionsnivå av biodrivmedel i Sverige. Efter sammanställningen av biomassapotentialet för drivmedelsproduktion avslutas rapporten med en diskussion kring hållbara råvaror och produktion av drivmedel ur svenskt perspektiv mot bakgrunden av direktiven.

2 EU direktiv kopplade till biodrivmedel och aktuell produktionsnivå av biodrivmedel i Sverige

Detta kapitel presenterar de begränsningar av biomassaanvändning som följer av EUs förnybartdirektiv (RED II och RED III) och ger en bild av hur biodrivmedelsproduktionen ser ut i Sverige idag.

2.1 Förnybartdirektivet (RED II och III)

Vilka biomassaråvaror som är aktuella att använda för produktion av biodrivmedel till den europeiska marknaden styrs ytterst av EU:s förnybartdirektiv (Renewable Energy Directive, RED). Direktivet antogs år 2009 ("RED I", 2009/28/EU) och en omarbetad version trädde i kraft år 2018 ("RED II", 2018/2001/EU⁶). Ett förslag på ny omarbetning ("RED III") har presenterats men ännu inte antagits. I detta avsnitt diskuteras främst det gällande direktivet RED II, med fokus på de delar som rör transportsektorns energianvändning. Viktiga föreslagna förändringar i RED III berörs också.

RED II definierar ett unionsövergripande mål om 14 % förnybar energi i transportsektorn år 2030, och sätter upp kriterier för de förnybara drivmedel som får räknas mot målet. Inom RED II delas förnybara drivmedel upp i ett antal olika underkategorier, var och en med egna mål, begränsningar och kriterier:

1. Biodrivmedel baserade på livsmedels- och fodergrödor
2. Biodrivmedel baserade på råvaror (huvudsakligen avfall och rester) som listas i RED II bilaga IX ("avancerade biodrivmedel")
3. Förnybara drivmedel som inte ryms inom ovan två punkter

Mängden drivmedel baserade på livsmedels- och fodergrödor (punkt 1) som i varje medlemsstat får räknas mot 14 % målet får vara högst en procentenhet högre än andelen sådana drivmedel i den slutliga energianvändningen inom väg och järnvägstransportsektorerna i den medlemsstaten 2020 och högst 7 % av den slutliga energianvändningen. Enligt Sveriges officiella rapportering var 7,6 % av transportsektorns energianvändning baserad på livsmedels- eller fodergrödor år 2020 varför det inte finns någon drivkraft från RED II för att öka denna andel.

⁶ European Parliament (2018). Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the council of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources (recast) L 328/82.

Andelen avancerade biodrivmedel (punkt 2) ska vara minst 3,5 % år 2030 och drivmedlens faktiska energiinnehåll får räknas dubbelt ("dubbelräkning") mot både detta mål och det övergripande målet 14 %. Vidare finns en begränsning gällande avancerade drivmedel som produceras från råvaror som listas i RED II bilaga IXb (använd matolja ("UCO") och animaliska fetter klass 1 och 2): De får högst utgöra 1,7 procentenheter av de biodrivmedel som räknas mot målet 14 %. Denna gräns är dock "mjuk" och medlemsstaterna får använda högre gränser. Även beträffande avancerade biodrivmedel når Sverige målet enligt rapporteringen för 2020 (3,6 % utan dubbelräkning⁷).

Övriga förnybara drivmedel (punkt 3) behandlas inte specifikt i denna rapport.

Biodrivmedel som räknas mot målen i RED II måste uppfylla de hållbarhetskriterier som anges i direktivets artikel 29, punkter 2-7 samt 10. Kriterierna i punkter 2-7 syftar till att minska hållbarhetsrisker kopplade till markanvändning, förändrad markanvändning och ohållbart skogs- eller jordbruk. Det kan handla om kriterier för att säkerställa bevarande av exempelvis biologisk mångfald, naturskog eller marker med stora kollager. I punkt 10 fastslås de minskningar i växthusgasutsläpp (mätt i gCO₂-ekv/MJ bränsle) som förnybara drivmedel ska ge jämfört med fossila dito för att kunna räknas mot direktivets mål. Metoden för att beräkna minskning i växthusgasutsläpp fastslås i RED II artikel 31 (och i praktiken i bilaga V). Hållbarhetskriterierna enligt RED II implementeras i svensk lagstiftning genom lag (2010:598) om hållbarhetskriterier för biodrivmedel och biobränslen, som också gäller som krav för biodrivmedel som räknas av mot reduktionsplikten.

I utkastet till omarbetat förnybartdirektiv (RED III) föreslås ett antal viktiga förändringar jämfört med det befintliga direktivet RED II.

- Det övergripande målet om 14 % förnybar energi i transportsektorn ersätts med ett mål om 13 % lägre växthusgasintensitet jämfört med ett fossilt jämförelsevärde.
- Kvoten för avancerade biodrivmedel 2030 sänks från 3,5 % till 2,2 % och möjligheten till dubbelräkning tas bort. Listan med råvaror där producerade biodrivmedel räknas som avancerade (bilaga IX) påverkas inte.
- Stärkta hållbarhetskriterier i artikel 29 punkter 2-7, framför allt gällande hållbar markanvändning för skogsbruk. Utöver befintliga begränsningar enligt RED II får skogsbaserad biomassa från följande marktyper inte användas:

⁷ Regeringen. "Reduktionsplikt för bensin och diesel – kontrollstation 2019". Prop. 2020/21:180. 2021.

- Mark som i januari 2008 utgjordes av våtmark, men inte längre gör det
- Mark som i januari 2008 eller vid något tillfälle därefter utgjorts av
 - ostörd naturskog eller annan ostörd trädbevuxen mark
 - skog eller annan trädbevuxen mark med stor biologisk mångfald
 - gräsmark med stor biologisk mångfald

Vidare skärps regler kring avverkning/insamling av biomassa som syftar att minimera skadliga effekter på biologisk mångfald och markkvalitet.

Man ska bland annat undvika:

- uttag av stubbar och rötter
- omvandling av naturskog till produktionsskog
- stora kalhyggen

I september 2022 har EU parlamentet kommit med ytterligare förslag på ändring i direktivet⁸ där rester från skogsavverkning såsom grenar och toppar, bark samt stubbar och rötter ingår i råvarukategorin ”primär träbiomassa”. Man vill begränsa ökad användning av dessa råvaror genom att fastslå att andelen energi från biodrivmedel, flytande biobränslen och biomassa-bränslen som härrör från primär träbiomassa inte ska vara större än andelen av den totala energianvändningen för genomsnittet av sådana bränslen under 2017–2022. I sammanhanget kan också nämnas det förslag⁹ till revidering av LULUCF-förordningen (2018/841/EU) som ska röstas om i EU-parlamentet i mars 2023. I förslaget åläggs Sverige att öka kolupptaget från markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk till 47,3 Mt CO₂ekv. år 2030 (se bilaga IIa till förslaget). Detta innebär en betydande ökning från dagens nivåer (41,6 Mt CO₂ekv. 2021) vilket ytterligare försvårar ökat uttag av biomassa från den svenska skogen.

Trots att Sverige redan uppnår målen för avancerade biodrivmedel enligt RED II bedöms betalningsviljan för avancerade biodrivmedel vara högre än för konventionella dito under kommande årtionden – detta bland annat på grund av bättre hållbarhetsegenskaper, ökad efterfrågan inom övriga EU, och att uppfyllande av RED II (inklusive bilaga IX) ses som en kvalitetsstämpel för drivmedlet i fråga. Avancerade biodrivmedel gynnas också indirekt av reduktionsplikten (genom de bättre hållbarhetsegenskaperna). Reduktionsplikten planeras dock anpassas till

⁸ Europaparlamentets ändringar antagna den 14 september 2022 av förslaget till Europaparlamentets och rådets direktiv om energieffektivitet

https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2022-09-14_SV.html

⁹ Europeiska kommissionen (2021). Förslag om ändring av förordningarna (EU) 2018/841 och (EU) 2018/1999.

EU's minimikrav år 2024 av den nya regeringen¹⁰, vad som skulle innebära en sänkning av ambitionsnivån som faktiskt kan leda till minskat inblandning av biodrivmedel i Sverige jämfört med dagens nivåer.

De råvarupotentialer som sammanställts för Sverige i denna rapport gäller i huvudsak råvaror som uppfyller hållbarhetskriterier enligt RED II artikel 29 och räknas som avancerade enligt bilaga IX, då det i princip är dessa som enligt gällande lagstiftning kan användas för ökad biodrivmedelsproduktion.

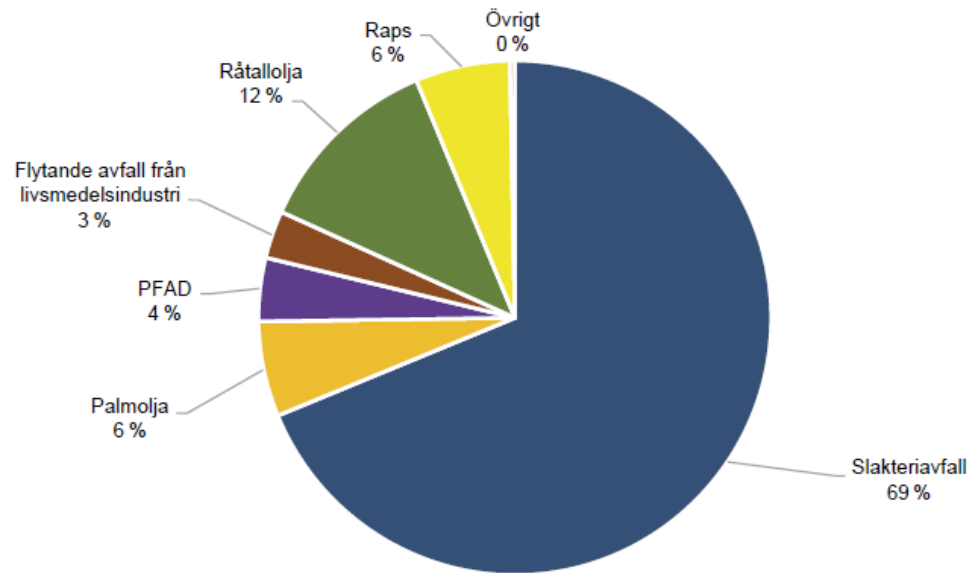
2.2 Svensk biodrivmedelsproduktion idag

År 2019 motsvarade biodrivmedelanvändningen inom transportsektorn i Sverige ungefär 17 TWh/år varav största delen är baserad på importerad råvara. Baserat på råvaran för hållbara biodrivmedel som användes i Sverige under 2020 var 88% av råvarorna från andra länder¹¹. Ytterligare 3 TWh/år användes i arbetsmaskiner inom främst industri samt jord- och skogsbruk¹¹. Inom transportsektorn utgjordes den största mängden, 14 TWh/år, av biodiesel vilken i sin tur bestod av nästan 11 TWh/år baserad på HVO och resten på FAME (fettsyremetylestrar) huvudsakligen i form av RME (rapsmetylestrar). Etanolanvändningen motsvarade ungefär 1 TWh/år vilket till stor del var i form av inblandning i bensin medan biogasen stod för cirka 1,5 TWh/år.

För den HVO som användes i Sverige under 2020 baserades 69% på slaktavfall följt av råttolja på 12%. Övriga siffror kan observeras i Figur 2-1. I det svenska perspektivet är det även intressant att notera att Sverige använder så mycket som 30% av den globala HVO-produktionen eller 55% av produktionen inom EU¹¹.

¹⁰ Tidöavtalet: Överenskommelse för Sverige (2022)
<https://moderaterna.se/app/uploads/2022/10/Tidoavtalet-Overenskommelse-for-Sverige.pdf>

¹¹ Energimyndigheten. Styrmedel för nya biodrivmedel – Behov och utformning av styrmedel för att främja produktion av biodrivmedel med nya tekniker. ER 2021:22.



Figur 2-1 Råvarufördelning för HVO (TWh/TWh) som användes i Sverige under 2020.

Det är även viktigt att påpeka att produktionen av biodrivmedel i Sverige är betydligt lägre än användningen. År 2021 uppskattades produktionskapaciteten för biodrivmedel i svenska raffinaderier till ungefär 3,5 TWh. Utöver detta adderas RME, etanol, och metanol (som produceras fristående från raffinaderierna) med omfattningen motsvarande ungefär 3,5 TWh och 2 TWh biogas produceras genom rötning i Sverige. Den inhemska produktionskapaciteten för biodrivmedel 2021 är därmed ungefär 9 TWh, där dock den största andelen av råvaror (framförallt till raffinaderibaserad drivmedelsproduktion) är importerad. Det uppskattats att 88% av den svenska användningen av biodrivmedel baseras på råvaror från andra länder.

3 Råvarupotential till framtida biodrivmedelsproduktion

I detta avsnitt sammanställs möjliga råvaror för framtida biodrivmedelsproduktion där data presenteras för Sverige, Europa och globalt. Givna potentialer är huvudsakligen för råvaror som uppfyller kraven för att omvandlingsprodukter ska räknas som *avancerade biodrivmedel* enligt RED II och RED III. Potentialen omfattar de tre kategorierna oljor och fetter, skogsbaserade och jordbruksbaserade råvaror.

3.1 Använda vegetabiliska oljor (UCO), animaliska fetter & tallolja

Vegetabiliska oljor & använda vegetabiliska oljor (UCO)

Den totala globala produktionen av vegetabiliska oljor motsvarade 2019¹² 204 Mton och har sedan dess ökat stadigt och nyligen uppskattades att produktionen 2022 väntas motsvara 214,8 Mton¹³ för att till år 2026 öka till 258 Mton¹⁴. För EU-27 uppskattas produktionen år 2022 till 16 Mton och väntas öka något till en nivå på ca 17,5 Mton år 2026-2030¹⁵. I Sverige uppskattas produktionen av vegetabiliska oljor till omkring 0,15 Mton¹⁶.

Vegetabiliska oljor räknas som konventionella (ej avancerade) råvaror för biodrivmedelsproduktion enligt RED II. Enbart 10 % av den globala tillgången till vegetabiliska oljor används inom industriella processer (huvudsakligen för kosmetika eller drivmedelsproduktion). Den allra största andelen av vegetabiliska oljor - för palmolja uppskattas andelen till ca 90 % - används inom livsmedelsproduktion. Om matoljorna däremot samlas in efter att ha använts av exempelvis restauranger eller hushåll utgör de rester/avfall och klassas som avancerade råvaror för biodrivmedelproduktion enligt bilaga IXb punkt (a). I denna rapport används den engelska beteckningen *UCO (used-cooking oil)* för att

¹² <https://www.statista.com/statistics/263933/production-of-vegetable-oils-worldwide-since-2000/>

¹³ <https://biofuels-news.com/news/global-vegetable-oil-production-set-to-reach-new-record-highs/>

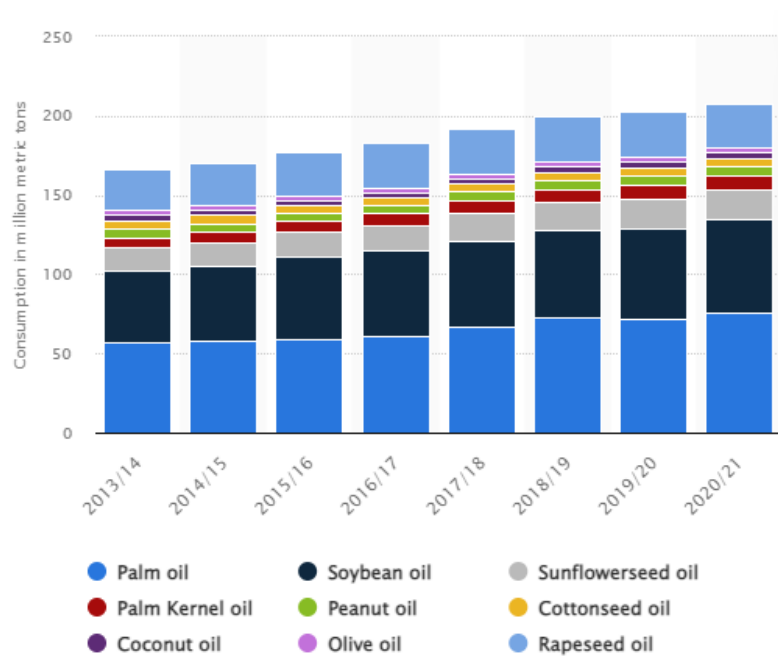
¹⁴ <https://www.globenewswire.com/news-release/2021/10/19/2316419/0/en/Global-Vegetable-Oils-Market-to-Reach-258-4-Million-Metric-Tons-by-the-Year-2026.html>

¹⁵ <https://www.statista.com/statistics/614435/vegetable-oils-production-volume-european-union-28/>

¹⁶ 2021 år skördades ca 350 kton oljevaxter (huvudsakligen raps) (Jordbruksverkets statistik – Skörd av oljevaxter 2021) som ger ca 140 kton vegetabilisk olja med ett antaget utbyte på 40%.

beteckna använda matlagningsojor. Det väntas att en stor del av tillväxten för oljebaserade biodrivmedel kommer att utgöras av användning av UCO just som råvara till biodrivmedelsproduktion då detta stöds av policys som RED II. Dessa restprodukter från livsmedelsindustrin och matproduktion har i dagsläget ett antal konkurrerande användningsområden som produktion av tvål, stearin, rengöringsmedel med mera. En överflyttning till biodrivmedelsproduktion kommer därmed orsaka indirekta effekter på deras hållbarhetsprestanda som är svåra att uppskatta men som kommer att minska potentialen för utsläppsminskning.

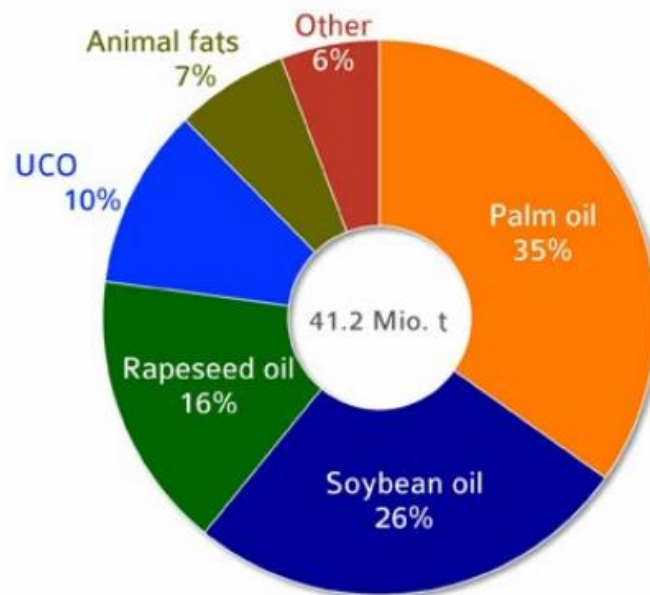
Den globala konsumtionen av vegetabiliska oljor presenteras i Figur 3-1.



Figur 3-1 Global konsumtion av vegetabiliska oljor från 2013/2014 till 2020/2021¹².

Den globala biodieselproduktion (FAME och HVO) uppskattades 2018 till ungefär 41,2 Mton/år¹⁷ (492 TWh HVO/år). Användning av vegetabiliska oljor till den globala biodieselproduktionen uppskattas till ca 30 Mton/år. En betydande del av råvara till biodiesel globalt utgörs av palmolja, rapsolja & sojabönlja och ungefär 10% utgörs av UCO medan animaliska fetter utgör 7% (se Figur 3-2).

¹⁷ UFOP (2020) UFOP Report on Global Market Supply 2019/2020. European and world demand for biomass for the purpose of biofuel production in relation to supply in the food and feedstuff markets.



Figur 3-2 Råvaror för global biodieselproduktion (FAME & HVO) år 2018 (ton/ton)¹⁷.

Det är tydligt att det finns betydande tillgångar (och användning) av vegetabiliska oljor globalt (250 Mton motsvarar ca 2 570 TWh) men nästan samtliga (ca 90 %) går till livsmedels- och fodertillämpning. I förhållande till den globala användningen av fossila drivmedel (ca 30 000 TWh¹⁸) kan tillgången till hållbara vegetabiliska oljeråvaror som inte konkurrera med livsmedelssektorn anses mycket begränsad. Potentialuppskattningar i denna rapport inkluderar inte vegetabiliska oljor utan endast UCO och animaliska fetter (se nedan). Dessa klassas som avancerade råvaror men utgör samtidigt betydligt mindre mängder globalt sett.

Det uppskattas att den insamlade mängden UCO från matproduktion idag är ungefär 17 Mton/år¹⁹ varav 13 Mton/år av denna olja används direkt som bränsle eller hydreras för produktion av HVO diesel. Baserat på dessa siffror finns det därmed globalt en potential på råvara för ökad produktion av biodrivmedel motsvarande ungefär 4 Mton/år (ca 41 TWh/år, antaget LHV 37 MJ/kg). Antar man en omvandlingsgrad på 90% på energibasis så ger det ca 37 TWh eller 3 Mton HVO per år. En uppskattning för Europa bedömer den totala potentialen för UCO som kan samlas in från både hushåll och industrin till 1,7 Mton/år²⁰. År 2020 uppgick insamling av UCO till 0,8 Mton i EU²¹. Sammanfattningsvis kan det sägas

¹⁸ <https://www.iea.org/reports/transport> (2022-10-14)

¹⁹ Loizides, M.I., Loizidou, X. I., Orthodoxou, D. L. and Petsa, D. (2019) Circular bioeconomy in action: Collection and recycling of domestic used cooking oil through a social, reverse logistics system. *Recycling* 4(2)2, doi: 10.3390/recycling4020016.

²⁰ van Grinsven, A., van den Toorn, E., van der Veen, R., Kampman, B. (2020) Used Cooking Oil (UCO) as biofuel feedstock in the EU, CE Delft, 65p.

²¹ <https://www.statista.com/statistics/1297092/uco-volume-collected-in-europe/>

att potentialen för användning av denna resurs är klart begränsad i ett globalt perspektiv.

Animaliska fetter

Den globala produktionen av avfallsklassade animaliska fetter väntas nå ungefär 32 Mton/år 2026²². Med ett antaget genomsnittligt lägre värmevärde på 37 MJ/kg motsvarar detta ca 329 TWh/år. I EU ligger produktionen på animaliska fetter på ca. 2,5 Mton/år²³ och i Sverige kan den uppskattas till 60 kton/år, baserad på slaktstatistik²⁴. Tillgången på animaliska fetter är i hög grad kopplat till köttkonsumtion som än så länge fortfarande ökar på en global nivå men där tillväxten bedöms minska över tid. Det förutses bland annat att global köttkonsumtion kommer öka ungefär 1,1%/år fram till år 2030 som följd av populationsökning och ekonomisk tillväxt i utvecklingsländer²⁵. I Sverige har köttkonsumtionen däremot minskat (per capita) de senaste åren sedan en topp år 2016²⁶. Animaliska fetter har dessutom i de flesta fall alternativa användningsområden som foder och/eller som råvara i kemiindustrin.

En nyligen publicerad studie inom f3 från Karlsson med flera uppskattar den ekologiska potentialen (dvs potential med hänsyn tagen till bland annat tillämpliga hållbarhetskriterier enligt RED II) för användning av UCO i Sverige till 0,22 TWh per år till 2050 (motsvarande 0,21 TWh HVO)²⁷. För avfall i form av animaliska fetter uppskattas den ekologiska potentialen till 0,58 TWh (motsvarande 0,56 TWh HVO)²⁷. För animaliska fetter nämns dock att potentialen ytterligare kan begränsas av konkurrerande användningsområden inom livsmedelsindustrin, som traditionellt använder dessa råvaror. Detta visar på att möjligheten till produktion av drivmedel baserat på svenska resurser av dessa råvaror är minst sagt begränsad.

²² <https://www.expertmarketresearch.com/reports/animal-fat-market>

²³ Chudziak, C., Haye, S. (2016) Indirect emissions from rendered animal fats used for biodiesel – Final report Task 4a of ENER/C1/2013-412, European Commission, 24p.

²⁴ Jordbruksverket - Animalieproduktion, års- och månadsstatistik – Slaktstatistik <https://jordbruksverket.se/om-jordbruksverket/jordbruksverkets-officiella-statistik/jordbruksverkets-statistikrapporter/statistik/2022-03-11-animalieproduktion-ars--och-manadsstatistik---202201#h-Tabeller> (2022-11-22)

²⁵ Europeiska kommissionen (2020), EU agricultural outlook for markets, income and environment, 2020-2030. European Commission, DG Agriculture and Rural Development, Brussels.

²⁶ <https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/konsumtion/kott-konsumtion-per-person/>

²⁷ Karlsson, H. et al. (2020). HVO Produced from Swedish Raw Materials - Current and Future Potentials. Report No. FDOS 07:2020. Available at <https://f3centre.se/en/renewable-transportation-fuels-and-systems/>

Råtallolja

Råtallolja är en biprodukt från papper- och pappersmassaindustrin, som räknas som en avancerad råvara för biodrivmedel enligt RED II bilaga IXa punkt (o). Produktionen av råtallolja motsvarar globalt ungefär 2 Mton/år²⁸. Baserat på ett antagande om att 40% av den globala produktionen är tillgänglig för biodieselproduktion motsvarar detta 0,8 Mton råtallolja/år (8,3 TWh/år). 40% är den siffra som används i ovan nämnd studie från f3²⁷ där resterande andel antas bli pitch vilken används internt på anläggningen, tvåttillverkning och förbränning för fjärrvärmeproduktion. I denna f3 studie uppskattas i sin tur även den ekologiska potentialen ur ett svenskt perspektiv till maximalt 2,64 TWh HVO²⁷ (0,2 Mton HVO – energiinnehåll 43 MJ/kg) där det antas att ungefär 40% av råtalloljan redan används för biodieselproduktion idag. Den ekologiska potentialen baseras på effekten av att en brukare av en viss resurs orsakar på naturen vilket bland annat kan inkludera effekter på biologisk mångfald, fysiska och kemiska effekter på mark, sjöar, vattendrag och hav. Det bör sägas att i denna studie uppskattas den ekologiska potentialen för just tallolja vara identisk med den teoretiska potentialen (hela potentialen kan med andra ord nyttjas). Resterande del används idag internt som bränsle till massaprocessen men andra användningsområden finns också i form av tvåttillverkning eller som bränsle till fjärrvärmeproducerande anläggningar.

För den framtida tillgången av råtallolja bestäms denna till stor del av utvecklingen av den svenska skogsindustrin men i ett kort tidsperspektiv bedöms den vara intecknad för dagens tillgångar. Uppskattningar för pappersmassaindustrin som gjorts av Hänninen indikerar att produktionen kommer minska med 28% till 2030²⁹ medan Buongiorno exempelvis indikerar en ökning³⁰. I en studie publicerad förra året av Aryan & Kraft³¹ uppskattas att tillgången kommer öka från 1,85 Mton/år till 2,26 Mton/år till 2030. Sammanfattningsvis är tydligt att råtallolja är en kraftigt begränsad resurs kopplat till biodrivmedelsproduktion.

²⁸ Gullichsen, Johan; Paulapuro, Hannu (2000). "18". Chemical Pulping. Papermaking Science and Technology. 6B. Finland. pp. B378–B388. ISBN 952-5216-06-3

²⁹ Hänninen, R., Hetemäki, L., Hurmekoski, E., Mutanen, A., Näyhä, A., Forsström, J., Viitanen, J. & Koljonen, T. (2014). European forest industry and forest bioenergy outlook up to 2050: A synthesis. Cleen Oy, Helsinki, Finland.

³⁰ Buongiorno, J., Zhu, S., Raunikar, R. & Prestemon, J.P. (2012). Outlook to 2060 for world forests and forest industries: a technical document supporting the Forest Service 2010 RPA assessment. Gen. Tech. Rep. SRS-151. Asheville, NC: US Department of Agriculture Forest Service, Southern Research Station. 119 p., 151, pp. 1-119.

³¹ Aryan, V., Kraft, A. (2021) The crude tall oil value chain: Global availability and the influence of regional energy policies. Journal of Cleaner Production. 280, Part 1. 124616.

Ovan diskuterade potentialer för UCO, animaliska fetter och tallolja sammanfattas i Tabell 3.1. Samtliga råvaror räknas som avancerade enligt RED II och kan förväntas uppfylla hållbarhetskriterierna.

Tabell 3.1. Uppskattade potentialer (för utökad användning) av UCO, animaliska fetter och tallolja. Dessa råvaror uppfyller hållbarhetskriterierna enligt RED II. Globala potentialer är uppskattade utifrån dagens situation. De svenska potentialerna gäller för år 2050.

Potential ny råvaruanvändning	TWh råvara/år (globalt)	TWh råvara/år (Sverige)	Klassning enligt RED II
UCO	41,1	0,22	Bilaga IXb (avancerat)
Animaliska fetter	329	0,58	Bilaga IXb (avancerat)
Tallolja	8,3	2,64	Bilaga IXa (avancerat)
Summa	378,4	3,4	

3.2 Skogsråvaror (GROT, spån, bark mm)

Det finns flertalet möjliga råvaror att ta vara på från skogen i högre utsträckning än vad som redan görs idag. Detta utgörs bland annat av biprodukter från skogsindustrin som bark, spån och flis men även skörderester från avverkningar som grenar och toppar, GROT. Potentialen utgörs både i form av primära bränslen från skogsbruket där tillvaratagandet av biprodukter kan förbättras samt genom outnyttjad potential från så kallade marginella marker. Ett stort antal bedömningar av potential för ökat biomassauttag från skogen har gjorts. Några av dessa sammanfattas nedan. Om inget övrigt anges har studierna inte specifikt tagit hänsyn till hållbarhetskriterier enligt REDII. Skogsråvaror räknas i allmänhet som avancerade enligt RED II bilaga IXa, huvudsakligen enligt punkterna (o) och (q). För att räknas mot målen inom RED II måste de dock även uppfylla direktivets hållbarhetskriterier.

Biomassapotentialet globalt sett varierar stort och uppskattas till 2 780 - 27 800 TWh (10 – 100 EJ) i studier för ofördelaktiga antaganden för användning av biomassa medan mer fördelaktiga antaganden leder till uppskattade tillgångar på ungefär 166 700 – 333 300 TWh (600 – 1200 EJ)³². Berndes et al. presenterade redan 2003 att värdena på de uppskattade globala tillgångarna på biomassa år 2050 varierade mycket (då från värden under 27 800 TWh (100 EJ) till över 111 100 TWh (400 EJ)). Berndes med många andra forskare var även med och bidrog till den rapport som IEA Bioenergy publicerade 2020³³ där slutsatsen drogs att 27 800 – 69 400 TWh/år (100 – 250 EJ/år) bör ses som en första approximation från år 2050-2100. Detta visar på att det ännu finns stor osäkerhet i uppskattningarna och potentialerna kan jämföras med den globala primärenergianvändningen som 2020 var 154 700 TWh (557 EJ), den globala användningen av biomassa inom energiområdet 13 900 TWh (50 EJ) och biodrivmedelsproduktionen som idag motsvarar ungefär 1 100 TWh (4 EJ)³⁴. Detta visar på en stor skillnad mellan dagens användning och den uppskattade potentialen. Enligt potentialuppskattningen skulle uttaget av skogsbaserad biomassa till energi kunna ökas med en faktor 2 till 5³⁵. Det finns samtidigt ett antal faktorer som bedöms ha begränsande effekter på den potentiella ökningen av dessa tillgångar. Dessa inkluderar konkurrens om vattentillgångar, miljökadliga effekter av användning av gödningsmedel och markanvändning vilket leder till

³² Raphael Slade, Robert Saunders, Robert Gross, Ausilio Bauen. Energy from biomass: the size of the global resource (2011). Imperial College Centre for Energy Policy and Technology and UK Energy Research Centre, London.

³³ IEA Bioenergy (2020). Roles of bioenergy in energy system pathways towards a “well-below-2-degrees-Celsius (WB2)” world.

³⁴ <https://roadmap2050.report/biofuels/biofuels-in-the-global-energy-mix/>

³⁵ Från 13 900 TWh (50 EJ) till 27 800 TWh (100 EJ) resp. 69 400 TWh (250 EJ)

minskad biodiversitet och konkurrens med mat- och foderproduktion. Dessutom finns en risk att skogsråvaror i framtiden inte bedöms som klimatneutrala inom ramen för styrmedel, vilket ytterligare påverka möjligheten att använda dessa som resurs på ett negativt sätt. I en tidigare analys från 2012 kring den tekniska potentialen år 2050 för biomassa från skogsindustrin (sågspån, bark mm) bedömer Berndes spannet till 2 780 – 30 600 TWh/år (10 – 110 EJ/år)³⁶. En stor andel av potentialen ur globalt perspektiv baseras på ett effektivare skogsbruk (likt det i de nordiska regioner) i regioner som Baltikum, Kanada & Ryssland. IRENA pekar till exempel ut Kanada och Ryssland som länder med stor potential till ökade biomassaresurser från skogsbruk med omkring 375 resp. 860 TWh/år (1,35 resp. 3,1 EJ/år) var, ifall man anpassade skogsbruket enligt svensk modell³⁷. Detta kan ställas i förhållande till nuläget för användningen av skogsbiomassa för energiändamål i Ryssland som ligger på ca 39 TWh/år (0,14 EJ/år) eller mindre än 5 % av potentialen. Dessa regioner bör därmed ha goda möjligheter att frigöra en ansevärd andel av potentialen om strukturerna (lagstiftning, värdekedjor & infrastruktur, styrmedel, ekonomiska incitament med mera) tillåter.

Till potentialen från skogsindustrin kan enligt Berndes³⁶ även dedikerad biomassaproduktion på så kallade ”marginal lands” adderas (2 780 – 30 600 TWh eller 10-110 EJ) vilket innefattar mark som inte längre ses som produktiv för jordbruk men som kan användas för bioenergiproduktion genom återplantering av skog. Användning av denna mark kan dock vara kontroversiellt i många fall (t.ex. på grund av hög biologisk mångfald) och det är svårt att avgöra hur potentialbedömningarna förhåller sig till senare införda hållbarhetskriterier i exempelvis RED II. Dessutom utgör det en resurs med stor geografisk spridning som kräver komplex logistik för användning i stor skala för biodrivmedelsproduktion och där lokala tillämpningar kan vara mer konkurrenskraftiga.

I bästa fall motsvarar ovannämnda strömmar så mycket som 80 560 TWh/år (290 EJ/år) biomassa globalt vilket med ett antagande om en produktionseffektivitet på 60% i omvandlingen från skogsråvaror skulle innebära 48 300 TWh/år. Det bör observeras att detta inkluderar biomassanvändning för alla möjliga energiområden där produktion av biodrivmedel utgör en av dessa möjligheter. Vidare är det osäkert hur stor del av de globala potentialerna som uppfyller hållbarhetskriterierna enligt RED II. Detta visar att det finns en väldigt stor potential globalt även om det råder stor osäkerhet kring dess faktiska storlek.

³⁶ Berndes (2012) How much biomass is available? Systems Perspectives on Biorefineries 2012. 36-47. 978-91-980300-1-3 (ISBN)

³⁷ IRENA (2019) Bionergy from boreal forest - Swedish approach to sustainable wood use, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

År 2021 genomförde Imperial College of London en studie³⁸ på uppdrag av Concawe för att bedöma framtida potentialer för biobaserad råvara som uppfyller kraven enligt RED II och räknas som avancerad enligt bilaga IX. Studien gjorde potentialbedömningar för en mängd olika råvaror med tidsperspektiv 2030 och 2050. I studien inkluderades både råvarupotential inom EU (inkl. Storbritannien) samt potential för globala import, och resultaten justerades för uppskattad användning för icke-energiändamål. I Tabell 3.2 visas resulterande potentialuppskattningar för 2050 *minus* nuvarande användning³⁹. Tabellen visar alltså potential för ökad användning av biomassa för energiändamål.

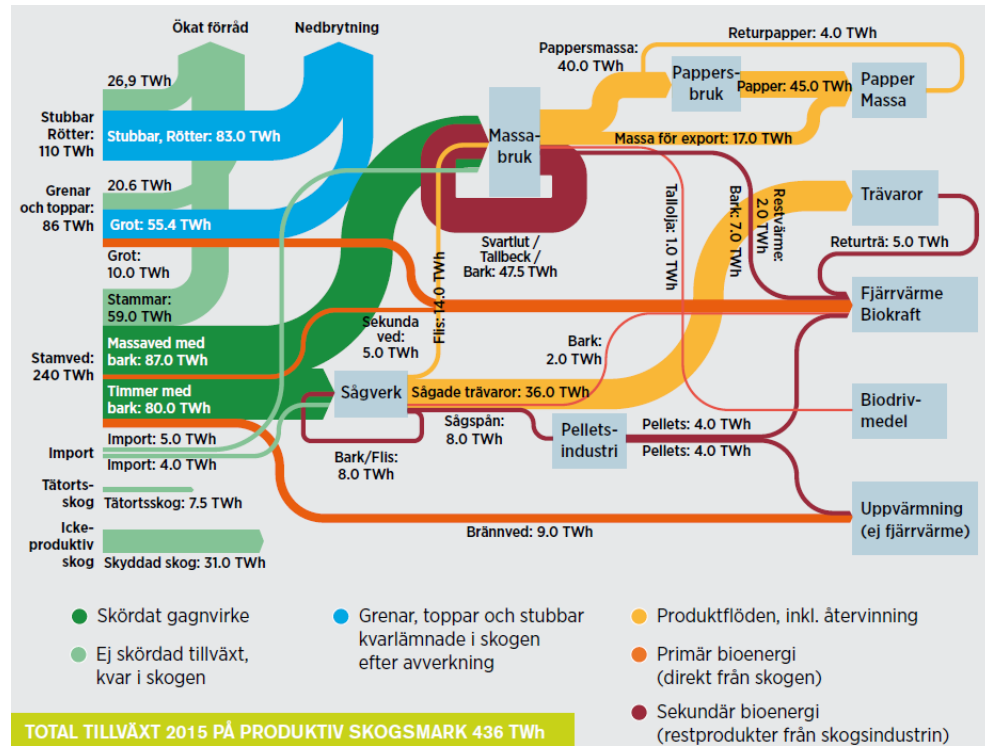
Tabell 3.2. Potential för ökad användning av biomassa för energiändamål inom EU27+UK (Potentialerna omfattar råvarupotential inom EU27+UK samt potential för globala import till EU27+UK).

Bränslekategori	Energi (TWh/år)	Klassning enligt RED II
Rester och avfall från skogsbruk och skogsindustri	517-1 197	Bilaga IXa (avancerat)
Rester och avfall från jordbruk och jordbruksbaserad industri	1 136-1 849	Bilaga IXa (avancerat)

För en uppskattning av Sveriges potential gjorde IRENA (FN:s organ för förnybar energi) 2019 en sammanställning över det årliga uttaget i Sverige som motsvarar ungefär 329 TWh/år medan tillväxten motsvarade 436 TWh/år. Ett flödesdiagram för denna tillväxt kan observeras i Figur 1.4.

³⁸ Panoutsou, C., och Maniatis, K. "Sustainable biomass in the EU, to 2050". Imperial College of London, 2021

³⁹ Se Figur 79 i: European Commission, "Impact assessment - Stepping up Europe's 2030 climate ambition", 2020. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52020SC0176>



Figur 1.4 Flödesdiagram av Sveriges skogsbaserade bioenergisystem (i TWh) år 2015.

Den maximala teoretiska potentialen för ökat uttag av skogsbiomassa (som då skulle kunna användas till produktion av biodrivmedel exempelvis) reduceras av ekologiska, tekniska och ekonomiska hänsyn. Pål Börjesson har uppskattat en övre potential för ökat uttag på längre sikt (år 2050) motsvarande 45 TWh/år⁴⁰ enligt uppdelningen som presenteras i Tabell 3.3. Studien tog hänsyn till de hållbarhetskriterier som var tillämpliga vid genomförandet (2021) och de presenterade potentialbedömningarna tar alltså hänsyn till begränsningar enligt RED II. Studien tog dessutom hänsyn till tekniska och ekonomiska begränsningar så långt det var möjligt, och resultaten ger alltså en bild av tekniskt, ekonomiskt och ekologiskt (enligt tillämpliga hållbarhetskriterier) realiserbar potential. För att uppskatta potentialer för ökat uttag tog Börjesson också hänsyn till befintliga användningsområden för respektive råvara, och de uppskattade potentialerna innebär alltså inte konkurrens med befintlig användning – även om det såklart går att använda biomassapotentien för annat än biodrivmedelsproduktion.

Ett pågående Skogforsk-projekt⁴¹ har tagit fram marginalkostnader för uttag av timmer, massaved, GROT och stubbar. I föreliggande rapport är fokus på ökat

⁴⁰ Pål Börjesson, Potential för ökad tillförsel av inhemsk biomassa i en växande svensk bioekonomi – en uppdatering, Lunds Universitet 2021.

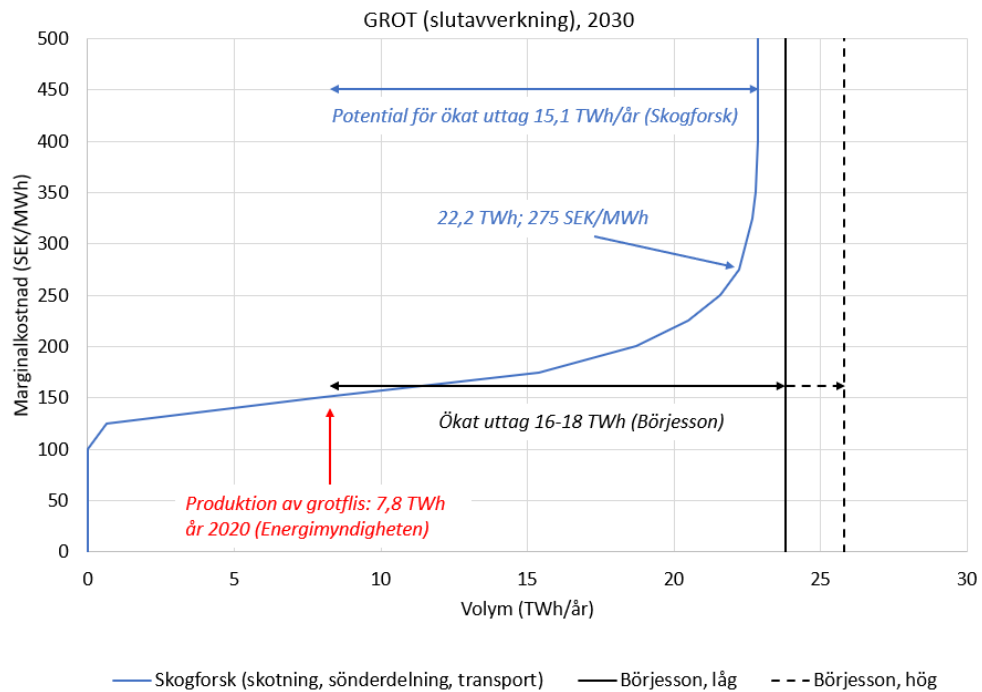
⁴¹ Erikson, A., et. al. "Marginalkostnadskurvor för skoglig biomassa i Sverige – Hur mycket och till vilken kostnad?". Skogforsk. Intern projektpresentation inom Zeroc. 22 april 2022.

uttag av restprodukter, varför timmer och massaved inte ingår i potentialerna. Av hållbarhetsskäl ingår heller inte avverkning av stubbar. För GROT är det dock intressant att jämföra marginalkostnadskurvorna från Skogforsk-projektet med de potentialer som Börjesson redovisar.

I Figur 3-3 visas marginalkostnadskurvan för GROT-tillförsel år 2030, samt Börjessons potentialuppskattningar för samma år. Börjessons bedömning av potential för *ökat* uttag år 2030 är 16-18 TWh/år (notera att siffran 18-21 TWh/år som ges i Tabell 3.3 gäller för år 2050). Med ett nuvarande uttag på 7,8 TWh/år (år 2020) blir den totala potentialen alltså 23,8-25,8 TWh/år. Detta är något högre än den totala potentialen 22,9 TWh som beräknats av Skogforsk (motsvarar ökat uttag 15,1 TWh/år). Av Figur 3-3 framgår också att ett kraftigt ökat uttag av GROT kommer leda till betydligt högre marginalkostnader: Ett GROT-uttag om 22,2 TWh/år innebär en marginalkostnad på 275 SEK/MWh, att jämföra med dagens kostnadsnivå på ca 140-150 SEK/MWh.

Tabell 3.3. Uppskattade potentialer (för utökad användning) av skogsråvaror år 2050. För 2030 har den totala potentialen uppskattats till 27-37 TWh. Potentialerna bedöms uppfylla hållbarhetskriterierna enligt RED II.

Bränslekategori	Energi (TWh/år)	Klassning enligt RED II
GROT – förnygringsavverkningar	18-21	Bilaga IXa (avancerat)
Skadad rundved (insekter, storm, mm)	3-4	Bilaga IXa (avancerat)
Klen rundved (eftersatta röjningar mm)	3-4	Bilaga IXa (avancerat)
Biprodukter inom skogsindustrin (bark, spån, lignin mm)	10-16	Bilaga IXa (avancerat)
Totalt	34-45	



Figur 3-3. Marginalkostnadskurva för GROT år 2030. Vertikala svarta linjer motsvarar Pål Börjessons³⁹ uppskattade potentialer för ökat uttag av GROT år 2030. Kostnadskurvan har tagits från Skogforskprojektet⁴¹ och justerats till samma värmevärde för GROT som används av Börjesson (4,9 MWh/ton TS jämfört med 4,8 MWh/ton TS i Skogforskprojektet).

Lignin/Svartlut

Lignin kan utvinnas från svartlut vilket idag huvudsakligen förbränns för att få energi till massa- och pappersbruken. Svartluten utvinns från sulfatprocessen där veden kokas med kemikalier eller kemi-termomekaniska processer för mekanisk bearbetning till massa. En uppskattning från Pål Börjesson visar att tillgången på lignin motsvarar 9,9 TWh/år vid 25% uttag i sulfatmassabruk, vilket är den uttagsnivå som antagits vara möjlig utan att externt bränsle behöver tillföras⁴². Denna siffra är även i samma storleksordning som uppskattningen gjord av IRENA (se Figur 1.2) där det totala svartlutsflödet motsvarar ungefär 47,5 TWh/år. Även om 25% uttag av lignin i teorin är möjligt utan att externt bränsle behöver tillföras är det troligen svårt att förverkliga i praktiken och ett så högt uttag av lignin från massaprocessen kommer sannolikt kräva omfattande energieffektivisering, tillförsel av externt bränsle (till exempel lågvärdig biomassa), eller elektrifiering av bruken (till exempel med el-ångpannor och/eller värmepumpning). Tillförsel av annan energi (lågvärdig biomassa eller el) skulle i princip kunna frigöra hela svartlutsflödet (47,5 TWh/år) för andra tillämpningar. Det ska dock poängteras att förbränning av svartlut i brukens sodapannor inte bara görs för ångproduktion utan

⁴² Börjesson, P. (2021). Länsvis tillgång på skogsbiomassa för svensk biodrivmedels- och bioflygbränsleproduktion. (TFEM; Nr. 122). Miljö- och energisystem, LTH, Lunds universitet.

också är en mycket viktig del i brukens kemikalieåtervinning. Ett fullständigt uttag av svartlut skulle därför kräva omfattande förändringar i massaprocessen och de potentialbedömningar som ges i föreliggande rapport är därför begränsade till 25% ligninuttag (9,9 TWh/år). Kemikalieåtervinning är en central del i massaprocessen och förändringar kopplade till processen innebär risker och osäkerhet för anläggningen (även vid 25% uttag enligt ovan) och kräver därmed tydliga (ekonomiska) incitament för att förverkligas som kräver en aktiv roll av aktörer som önskar få tillgång till lignin.

Den globala tillgången till lignin uppskattades 2007 till ungefär 2 EJ/år (556 TWh/år) globalt (vilket genom att anta ett uttag på 25% skulle motsvara 139 TWh/år tillgängligt för biodrivmedelsproduktion), ett år då produktionen var ungefär 39 TWh/år i Sverige jämfört med de 47,5 TWh/år som presenteras ovan så det kan förväntas att den globala tillgången är snäppet högre idag⁴³. Något som kan bidra till framtida ökning av mängden biprodukter som exempelvis svartlut kan vara en framtida effektivisering inom massa- och pappersbruken⁴⁴. Notera att potentialen för ökat ligninuttag ingår i kategorin ”Biprodukter inom skogsindustrin (bark, spån, lignin mm)” i Tabell 3.3.

Potentialen för ökad tillförsel kan i hög utsträckning kopplas till marknadsmässiga drivkrafter som kan finnas i framtiden. Dessa inkluderar styrmedel inom jordbruks-, energi- och klimatpolitiken vilket i sin tur påverkar konkurrensen mot markanvändning, jordbruksprodukter eller andra energislag. Osäkerheten i dessa uppskattningar grundar sig till stor del i en osäkerhet i potentialen för GROT. I relation till de tidigare siffrorna för råvaror finns dessa resurser i Sverige vilket förenklar användningen jämfört med tidigare nämnda råvaror (UCO och animaliska fetter) som till stor del baseras på import. En annan osäkerhetsfaktor är den aktuella debatten inom EU i förhållande till hållbart skogsbruk. Hållbarhetsmål som t.ex. biodiversitet framhålls som argument av miljöorganisationer mot en utökad industriell användning av skogsråvaror och förslaget för RED III innebär skärpta krav på biomassans ursprung som kan minska potential för biomassa-uttag framöver.

⁴³ IEA Bioenergy (2007). Black Liquor Gasification. Summary and Conclusions from IEA Bioenergy ExCo54 Workshop. ExCo:2007:03

⁴⁴ Bisailon, M. med flera. (2021) Konkurrensen om den svenska skogsråvara – syntesrapport. ISBN 978-91-7673-820-7

3.3 Jordbruksråvaror

Utöver de ovan nämnda möjliga råvarorna har Pål Börjesson även uppskattat potentialen för ökat uttag av jordbruksbaserad bioenergi i Sverige. Potentialen uppgår till 21-33 TWh år 2050, fördelat på de kategorier som ges i Tabell 3.4. (se Tabell 3.2 för en uppskattning av potential inom EU, inkl. globala importörer). Potentialen inkluderar exempelvis halm, biogas från gödsel och organiska restprodukter, och energigrödor på överskottsmark. Den uppskattade potentialen för halm tar hänsyn till jordbrukets egenanvändning (användning som strö och behov av att lämna kvar halm för att behålla markens bördighet), och halmpotentialen är alltså den faktiska rest från jordbruket som är tillgänglig för energiproduktion.

Tabell 3.4. Uppskattade potentialer (för utökad användning) av jordbruksråvaror år 2050. För 2030 har den totala potentialen uppskattats till 14-22 TWh/år. Potentialerna bedöms uppfylla hållbarhetskriterierna enligt RED II.

Bränslekategori	Energi (TWh/år)	Klassning enligt RED II
Halm (spannmål och oljeväxter)	2-3	Bilaga IXa (avancerat)
Gödsel och organiska restprodukter (biogas)	4-6	Bilaga IXa (avancerat)
Biomassa från ekologiska fokusarealer och outnyttjad åkermark	5-10	Bilaga IXa (avancerat)
Slyväxt	8-10	Bilaga IXa (avancerat)
Snabbväxande lövträd – nedlagd åkermark	2-4	Bilaga IXa (avancerat)
Totalt	21-33	

Vad gäller den jordbruksbaserade delen bör flera osäkerhetsfaktorer nämnas såsom konkurrenskraften för svensk livsmedelsproduktion samt hur stor del av marken som kommer användas för inhemsk produktion av livsmedel och för export. Högre värden inom det presenterade spannet för jordbruksprodukter innebär mindre konkurrens om åkermark och ingen ökning av inhemsk livsmedelsproduktion. Pål Börjesson inkluderar bioenergi från restströmmar (gödsel, odlingsrester, avfall från livsmedelsindustrin, matavfall och avloppsslam) genom rötning (dvs produktion av biogas) som motsvarar 4-6 TWh/år, en fördubbling resp. tredubbling mot dagens värden. Med tanke på ett antagande om framtida minskat svinn och minskad djurhållning är potentialen för denna råvaruanvändning begränsad. Det ska också poängteras att potentialen gäller just *produktion* av biogas – det är dock inte sannolikt att hela denna potential kan göras tillgänglig i gasnätet. För att

ekonomiskt motivera en investering i en uppgradering av biogasen (som innehåller ca 40 vol-% CO₂) krävs en anläggningsstorlek som överstiger substrattillgången på mindre gårdar. Då insamlingen av substrat kräver både tid och energi är det mer sannolikt att man på mindre anläggningar använder biogasen lokalt till el och värmeproduktion, alternativt som lokalt biodrivmedel efter en förenklad uppgradering.

Det finns ytterligare ett alternativ i form av alger och andra växter i vatten där Pål Börjesson bedömer potentialen som relativt liten, motsvarande ungefär 1 TWh/år 2050. Denna råvara klassas som avancerad enligt RED II bilaga IXa.

3.4 Sammanfattning av potentialbedömning

I Tabell 3.5 presenteras en detaljerad sammanfattning av råvarupotentialer som beskrivs i avsnitt 3.1-3.3. Potentialerna uttrycks i råvarans energi-, och kolinnehåll samt mängden biodrivmedel som kan produceras vid fullständig omvandling av kolinnehållet till flytande drivmedel (med en representativ sammansättning motsvarande CH₂). Samtliga potentialer som ges i tabellen bedöms uppfylla hållbarhetskriterierna enligt RED II och räknas som avancerade enligt bilaga IX.

De siffror som är presenterade i tabellen bedöms vara högt räknade och ses som en övre potential för möjlig användning i ett globalt respektive svenskt perspektiv. Undantaget är globala potentialer för skogs- och jordbruksråvaror, där bedömningen i stället är relativt försiktig. För dessa visar tabellen potentialen för ökad produktion av biomassa inom EU, plus potential för ökade globala importen till EU. I båda fallen har användning för icke-energiändamål räknats bort (se avsnitt 3.2 för detaljer). Den totala globala tillgängligheten på skogs- och jordbruksbaserad biomassa kan vara betydligt högre (se avsnitt 3.2).

Uppskattade potentialer för möjliga råvaror kan sättas i relation till dagens totala användning av bioenergi (biobränslen) vilken 2020 var 141 TWh/år⁴⁵. Denna inkluderar användning inom industri, transporter, bostäder & service samt el- och fjärrvärmeproduktion. Dagens sekundära skogsbränslen (till exempel sågspån och bark) är till största delen redan in-tecknade och behovet från bland andra kraftvärmesektorn kan komma att öka om (BE)CCS börjar tillämpas i stor skala. Med andra ord är planer på framtida användning inom nya sektorer beroende av nya uttag av primära skogsbränslen⁴⁶ – där det framför allt finns potential för ökat uttag av GROT – eller uttag av kemiskt processad råvara (lignin från massabruk).

⁴⁵ Energimyndigheten. (2022). Energiläget i siffror 2022. Eskilstuna: Energimyndigheten.

⁴⁶ Skogsskötselserien nr 17, Skogsbränsle, 15 september 2013.



Ökad efterfrågan på exempelvis GROT från flera aktörer bedöms dock leda till kraftigt ökade priser (se även marginalkostnadskurvan i Figur 3-3).

Tabell 3.5. Uppskattade potentialer för olika råvaror för biodrivmedelsproduktion. Kolinnehåll och värmevärden som använts vid omräkning från TWh till ktC anges i Tabell A1. Potentialerna inkluderar enbart råvaror som bedöms uppfylla hållbarhetskriterier enligt RED II och klassas som avancerade enligt RED II bilaga IX.

	Sverige				Globalt			
	Råvarupotential (TWh/år)	Råvarupotential (ktC/år)	Max. biodrivmedels-potential (TWh/år)	Max biodrivmedels-potential (miljoner m ³ /år)	Råvarupotential (TWh/år)	Råvarupotential (ktC/år)	Max. biodrivmedels-potential (TWh/år)	Max. biodrivmedels-potential (miljoner m ³ /år)
Oljor och fetter totalt	3,4	263,7	3,68	0,38	378,4	28 263	394,4	41,3
UCO ¹	0,22	16,4	0,23	0,02	41,1	3 067	42,8	4,5
Animaliska fetter ¹	0,58	43,3	0,60	0,06	329	24 554	342,6	35,9
Tallolja ¹	2,64	204	2,85	0,30	8,3	641	8,9	0,9
Skogsråvaror (totalt)^{2,3}	34-45	3 192-4 220	44,4-58,8	4,65-6,15	517-1 197	48 469 - 112 219	676-1 566	70,8-163,9
<i>GROT – föryngringsavverkningar⁴</i>	<i>18-21</i>	<i>1 690-1 970</i>	<i>23,5-27,5</i>	<i>2,46-2,88</i>	-	-	-	
<i>Skadad rundved (insekter, storm, mm)⁴</i>	<i>3-4</i>	<i>281-375</i>	<i>3,9-5,2</i>	<i>0,41-0,54</i>	-	-	-	
<i>Klen rundved (eftersatta röjningar mm)⁴</i>	<i>3-4</i>	<i>281-375</i>	<i>3,9-5,2</i>	<i>0,41-0,54</i>	-	-	-	
<i>Biprodukter inom skogsindustrin (bark, spån, lignin mm)⁴</i>	<i>10-16</i>	<i>940-1 500</i>	<i>13,1-20,9</i>	<i>1,37-2,19</i>	-	-	-	
- Varav: Svartlut (lignin) ^{5,6}	<9,9	<986	<13,8	<1,44	139	13 840	193	20,2
Jordbruksråvaror (totalt)^{3,7}	21-33	1 816-2 868	25,3-40,0	2,64-4,18	1 136-1 849	106 500 – 173 344	1 486-2 420	155,5-253,1
<i>Halm (spannmål och oljeväxter)⁴</i>	<i>2-3</i>	<i>194-291</i>	<i>2,7-4,1</i>	<i>0,28-0,43</i>	-	-	-	
<i>Gödsel och organiska restprodukter (biogas)⁴</i>	<i>4-6</i>	<i>216-323</i>	<i>3,0-4,5</i>	<i>0,31-0,47</i>	-	-	-	
<i>Biomassa från ekologiska fokusarealer och outnyttjad åkermark⁴</i>	<i>5-10</i>	<i>469-938</i>	<i>6,5-13,1</i>	<i>0,68-1,37</i>	-	-	-	
<i>Slyväxt⁴</i>	<i>8-10</i>	<i>750-938</i>	<i>10,5-13,1</i>	<i>1,1-1,37</i>	-	-	-	
<i>Snabbväxande lövträd – nedlagd åkermark⁴</i>	<i>2-4</i>	<i>188-375</i>	<i>2,6-5,2</i>	<i>0,27-0,54</i>	-	-	-	
SUMMA	58-81	5 270-7 350	73-102	7,7-10,7	2 031-3 424	183 736 -300 533	2 553-4 383	268-458

¹ Svensk potential baserad på: Karlsson, H. et al. (2020). HVO Produced from Swedish Raw Materials - Current and Future Potentials. Se avsnitt 3 för diskussion kring global potential.

² Summa av kategorierna från "GROT" till och med "Biprodukter inom skogsindustrin".

³ Globala siffror baserade på: Panoutsou, C., och Maniatis, K. (2021) "Sustainable biomass in the EU, to 2050". Se även Tabell 3.2.

⁴ Baserat på: Börjesson, P. (2021). Potential för ökad tillförsel av inhemsk biomassa i en växande svensk bioekonomi – en uppdatering.

⁵ Baserat på: Börjesson, P. (2021). Länsvis tillgång på skogsbiomassa för svensk biodrivmedels- och bioflygbränsleproduktion.

⁶ För svenska potentialer ingår denna råvara i "Biprodukter inom skogsindustrin (bark, spån, lignin mm)" och ingår därför inte i totalsumman för Sverige.

⁷ Summa av kategorierna från "Halm" till och med "Snabbväxande lövträd".

I Tabell 3.6 sammanställs potentialen för drivmedelsproduktion som maximal (100% omvandling av biogena kolatomer i biomassa till drivmedel) och baserad på omvandlingsgrader i dagens processer ("real" biodrivmedelspotential). För senare potentialuppskattningen har det antagits en energiomvandlingsgrad på 90 % (baserad på effektivt värmevärde) för oljor och fetter har. För skogs- och jordbruksbaserade råvaror har en energiomvandlingsgrad på 60 % antagits. Dessa värden bör ses som ungefärliga representativa värden för dagens processer för respektive råvara. Det finns visserligen skillnader mellan olika processvägar så potentialen är belagd med en viss osäkerhet men de bedöms uppfylla syftet att ge en ungefärlig indikation av vilka råvaror som har potential att ge stora bidrag till hållbar drivmedelsproduktion.

Tabell 3.6: Summering av potentialen för biodrivmedelsproduktion. Maximalt potential (100% omvandling av kol innehåll i biomassan) och "real" potential (genomsnittliga omvandlingsgrader för dagens processer för respektive råvara) på svensk och global nivå. (Omräkning TWh/m³ för HVO: 9,5 TWh/Mm³ (LHV 43 MJ/kg, densitet 800 kg/m³)).

Råvara	Råvarupotential (TWh/år)	Maximal biodrivmedels- potential ¹⁾ (miljoner m ³ HVO/år)	"Real" biodrivmedels- potential ²⁾ (miljoner m ³ HVO/år)
Oljor och fetter (Sverige)	3,4	0,4	0,32
Skogsbaserad (Sverige)	34 – 45	4,6 – 6,2	2,2 – 2,9
Jordbruksbaserad (Sverige)	21 – 33	2,6 – 4,2	1,3-2
Summa (Sverige)	58,4 – 81,4	7,7– 10,7	3,8 – 5,2
Oljor och fetter (Global)	378,4	41,3	36
Skogsbaserad (Global)	517 – 1 197	71 – 164	32 – 75
Jordbruksbaserad (Global)	1 136 – 1 849	155 – 253	72 – 117
Summa (Global)	2 030 – 3 420	268 – 458	140 – 228

¹⁾ Maximal omvandling av kol innehåll i biomassaråvaran (teoretiskt maximum som kräver insats av vätgas för att även omvandla t.ex. CO₂ som genereras under processen till biodrivmedel).

²⁾ Beräknad potential baserad på omvandling av oljor och fetter till drivmedel med 90 % och skogs- och jordbruksbaserade råvaror med 60 % (på energibasis).

Det blir tydligt att det potentiella bidraget av oljor och fetter till biodrivmedelsproduktion i Sverige är ganska begränsat. Detta gäller även på en global nivå om man tar hänsyn till konkurrerande tillämpningar som dessa oljor

och fetter redan använts till i dagsläget (se avsnitt 3.1). Det blir även tydligt att t.ex. Preems mål att producera 5 miljoner m³ biodrivmedel år 2030 inte kan enbart baseras på inhemska råvaror (all potential skulle gå till Preem) men kräver import av biomassaråvaror. Ett substantiellt bidrag till biodrivmedelsproduktion i Sverige skulle dock kunna komma från skogsbaserade råvaror som har potential kring 3 miljoner m³ med dagens processer och ca 6 miljoner m³ om man tillvarata de biogena kolatomerna i större utsträckning genom insats av större mängder vätgas.

Både skogs- och jordbruksbaserade råvaror utgör en avsevärd potential för drivmedelsproduktion, både i Sverige och globalt, dock kan den spridda naturen av råvarorna göra det svårt att etablera fungerande värdekedjor. För raffinaderiindustrin som kräver stora volymer till sina processer bör därmed de största punktkällorna – såsom t.ex. massabruk – ligga i fokus för eventuella samarbeten, för att undvika för komplexa logistik- och affärsmodeller.

4 Diskssuion

4.1 Avancerade råvaror enligt RED II

De potentialbedömningar för ökad användning av råvaror som ges i avsnitt 3-3.4 ovan bedöms uppfylla hållbarhetskriterier enligt RED II och klassas dessutom som avancerade enligt direktivet. De bedöms alltså inte leda till samma problem med förändrad markanvändning och konkurrens med livsmedelsproduktionen som mer traditionella livsmedels- och fodergrödor. Detta innebär dock inte att de avancerade råvarorna är okontroversiella eller oproblematiske ur hållbarhetssynpunkt. Några hållbarhetsrisker förknippade med ökad användning av dessa råvaror beskrivs nedan.

- **Tallolja** har idag flera användningsområden och kan bland annat användas i framställning av färg, tvål, rengöringsmedel och smörjfetter. Tallolja är alltså ingen utpräglad avfalls- eller restprodukt. Kraftigt utökad användning av tallolja för biodrivmedelsproduktion kan därför leda till användning av fossila ersättningsråvaror hos nuvarande talloljeanvändare.
- **Animaliska fetter** används bland annat i kemiindustrin för framställning av tvål. Ökad användning av animaliska fetter för biodrivmedelsproduktion kan därför leda till användning av ersättningsråvaror (exempelvis palmolja) i tvållverkning.
- **Jordbruksbaserade råvaror** har stor potential, framför allt internationellt. Här finns dock ett flertal risker. För användning av halm är det viktigt att ökat uttag är hållbart och inte konkurrerar med nuvarande användning (där vissa mängder halm plöjs ner för att behålla markens bördighet). De potentialer som ges i denna rapport tar hänsyn till befintliga användningsområden av halm, men det är osäkert om hållbart uttag av halm kan garanteras i praktiken.

Stora potentialer finns också kopplade till att odla upp oanvända och oproduktiva markområden. Detta är dock inte okontroversiellt eftersom sådana markområden kan vara av betydelse exempelvis för biologisk mångfald, och det är osäkert om hållbarhetskriterierna är tillräckligt starka för att garantera att områden som är viktiga för mångfalden bevaras.

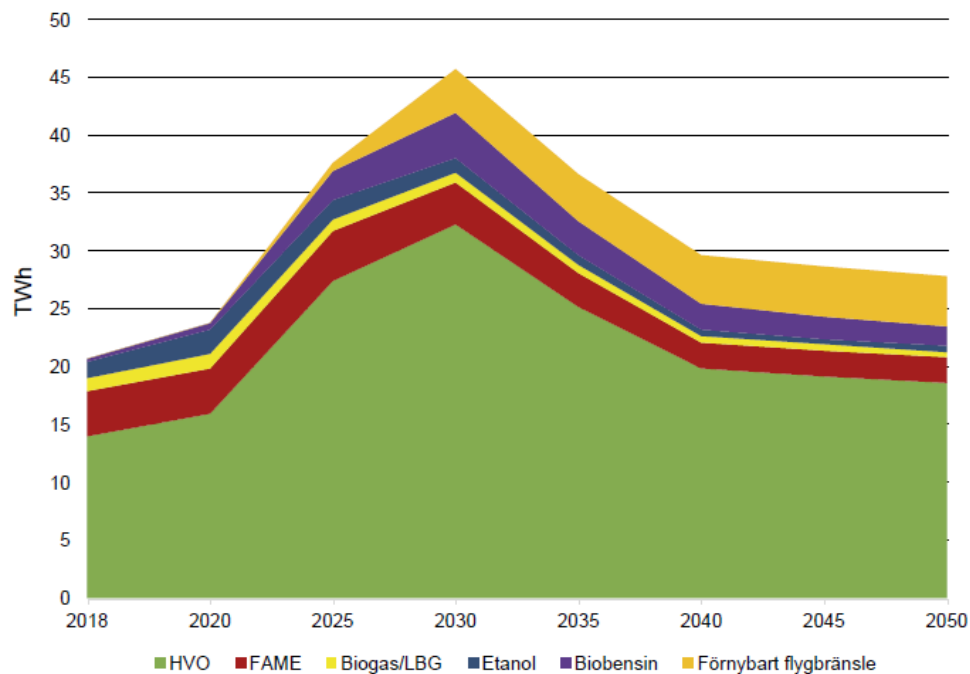
- Ökat uttag av **GROT** är kontroversiellt i vissa sammanhang, och den långsiktiga påverkan på kolinlagring, näringsläckage, försurning och

biologisk mångfald är omdebatterad. De negativa effekterna är dock större när det gäller rester som exempelvis stubbar, vilka *inte* ingår i de potentialbedömningar som ges för Sverige i denna rapport. Uttag av stubbar ingår dock i den globala potentialen för skogsråvaror i Tabell 3.5. Även om ökat uttag av skoglig biomassa från början inriktas mot GROT kan ett kraftigt ökat uttag på sikt leda till en successiv övergång mot alltmer kontroversiella råvaror – exempelvis GROT, bark och stubbar, som utgör en råvara som bör undvikas baserad på nuvarande förslag på utformning av RED III (se avsnitt 2.1).

4.2 Biodrivmedelsproduktion och användning ur ett svenskt perspektiv

Energimyndigheten uppskattar behovet av olika biodrivmedel i Sverige för transporter och arbetsmaskiner enligt ett scenario som de benämner som ”elektrifiering” vilket bedöms som mest troligt av Energimyndigheten med tanke på befintliga och aviserade styrmedel. I scenariot ”elektrifiering” är tillförd energi och användning totalt 552 TWh där användningen av el förutses öka till 234 TWh 2050 med den största ökningen i transport- och industrisektorn⁴⁷. Transportsektorns totala energianvändning väntas vara 63 TWh 2050 (84 TWh år 2018) samtidigt som elanvändningen väntas öka från 3 TWh år 2018 till 28 TWh år 2050. Resultatet av denna utvärdering visas i Figur 1.3.

⁴⁷ Energimyndigheten (2021). Scenarier över Sveriges energisystem 2020, ER 2021:6.

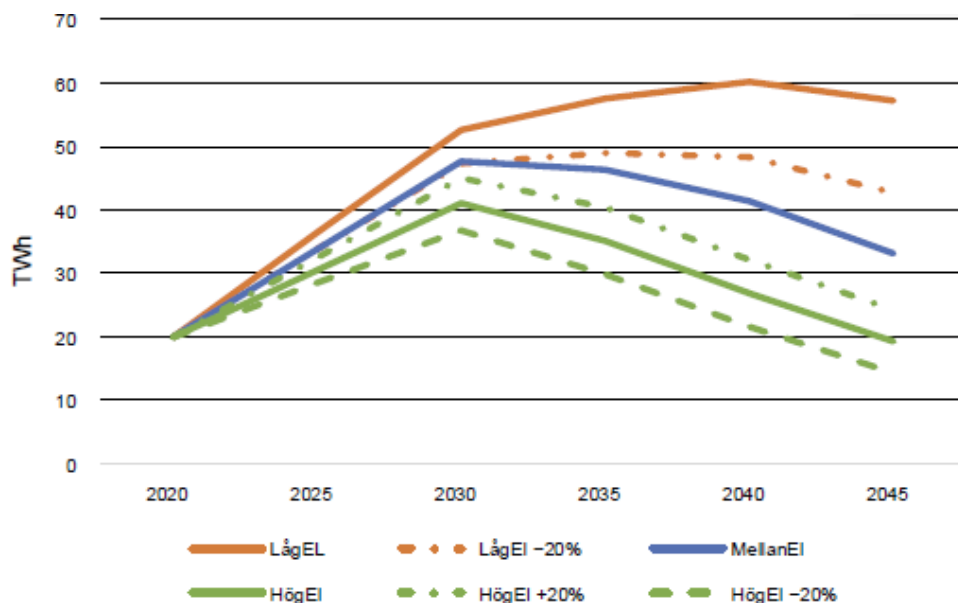


Figur 1.3. Biodrivmedelsanvändning fördelat på bränsleslag 2018-2050 för transporter och arbetsmaskiner i Sverige¹¹.

Det kan observeras att det finns en förväntan från Energimyndigheten att efterfrågan på biodrivmedel går ner från 2030 vilket kan förklaras med ökad elektrifiering och effektivisering. En viktig faktor i detta sammanhang är ambitionsnivån i reduktionsplikten där det endast finns reduktionsnivåer framtagna till 2030 (28% för bensin och 66% för diesel jämfört nivåerna sedan 1 augusti 2021 på 6% för bensin och 26% för diesel) vilka antas ligga kvar efter 2030 i scenariot som presenteras ovan. Med tanke på Sveriges långsiktiga mål om netto-noll utsläpp 2045 är detta mindre sannolikt då det i princip innebär en fossilfri transportsektor. Utöver det så är drivmedelsmarknaden internationell och export av biodrivmedel är en stor möjlighet för svenska aktörer för framtida tillväxt, även om inhemsk efterfråga på biodrivmedel inte motsvarar produktionsvolymerna. EU importerar stora mängder biodrivmedel och råvara till biodrivmedelsproduktion som skulle delvis kunna ersättas av svensk/europeisk produktion.

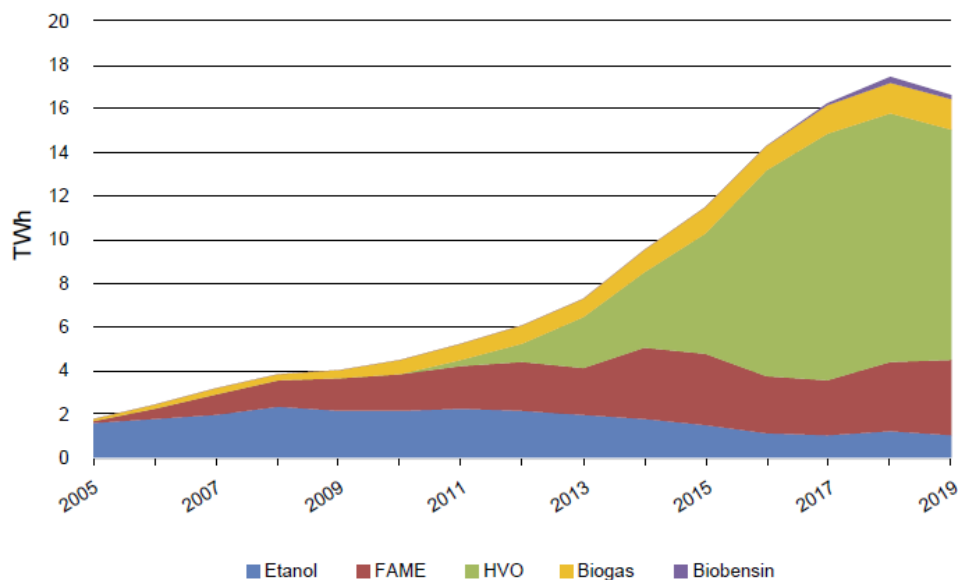
Utfasningsutredningen⁴⁸ har analyserat förutsättningarna för utfasning av fossila drivmedel till olika årtal för inrikes transporter och arbetsmaskiner genom tillämpning av ytterligare styrmedel där resultaten för 2040 som utfasningsår presenteras i Figur 1.4.

⁴⁸ SOU 2021:48.



Figur 1.4. Behov av flytande och gasformiga förnybara drivmedel i scenarier från utfasningsutredningen¹¹.

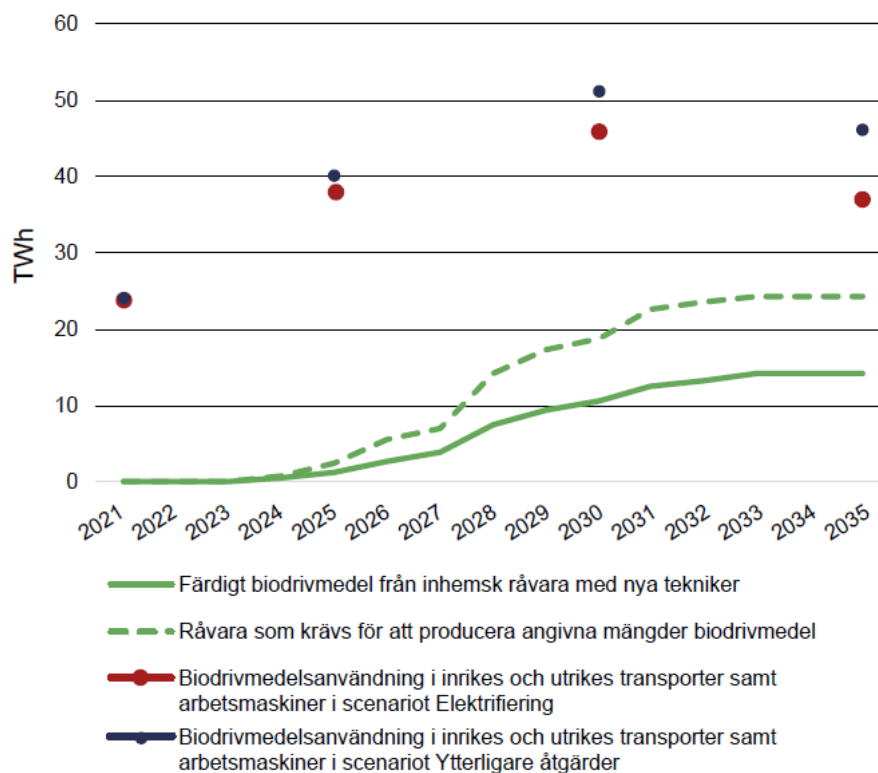
Scenarioarbetet bygger på ett referensscenario som utgår från utveckling enligt beslutad politik och ett antal scenarion som når utfasning. Måluppfyllande scenarier inkluderar utvecklingsbanor för trafikarbete och elektrifiering och här har ett spann inkluderats på +/- 20% baserat på siffrorna från 2040 års nivå för uppskattningen av framtida trafikarbete. Resultatet för "MellanEI" är nära det scenario som beskrivs i Elektrifieringsscenariot vilket motsvarar en utveckling där nya personbilar når nollutsläpp 2035, nya lätta lastbilar 2040 och nya tunga lastbilar nära noll år 2050. "HögEI" bygger på ytterligare åtgärder som utredningen föreslår vilket i så fall genererar en högre elektrifieringstakt (för denna fall är motsvarande årtal 2030, 2035 respektive 2040). "LågEI" motsvarar elektrifieringen i Energimyndighetens scenario som benämns "referens EU". Både Figur 1.3 och 1.4 ger en indikation av hur behovet av biodrivmedel kan förändras i Sverige de kommande åren. Reduktionsplikten väntas driva fram en kraftig ökning av biodrivmedelsanvändningen till ungefär 50 TWh/år 2030¹¹. För att möta reduktionsplikten planerar raffinaderierna, som idag i huvudsak är fossilbaserade, att hantera detta med en ökad produktion av biodrivmedel i motsvarande grad. I denna kontext nämns framför allt importerade animaliska fetter och använda frityroljor. Detta är i så fall i linje med utveckling som observerats de senaste åren vilket illustreras väl i Figur 1.5.



Figur 1.5 Biodrivmedelsanvändning i transportsektorn (inrikes och utrikes) per bränsle 2005-2019 i TWh¹¹.

Sammanställningen i kapitel 1.1-1.4 visar att den globala tillgången på UCO och animaliska fetter samt tallolja är begränsad och Sveriges egna behov för biodrivmedelsproduktion skulle motsvara en stor del av den globala tillgången. Till skillnad från konventionell biodrivmedelsproduktion baserad på socker, stärkelse, oljor och fetter bedöms en bas på lignocellulosamaterial (lignin, cellulosa och hemicellulosa) ha den största potentialen av de utvärderade råvarorna. Genom att ta hänsyn till tillgången på potentiella råvaror från skogsbaserade källor däremot (fast biomassa), vilka i hög grad finns i Sverige finns det möjligheter att producera större mängder biodrivmedel (44,4 TWh/år uppskattades i kapitel 1.3).

Energimyndigheten¹¹ beskriver i en nyligen publicerad rapport att produktionen av biodrivmedel skulle kunna uppgå till 10 TWh/år 2030 (vilket innebär en biomassatillförsel på ca 18 TWh/år). Kapaciteten för produktionskedjan bedöms endast kunna byggas ut långsamt de närmaste åren som en följd av långa ledtider till färdiga anläggningar och en förmodan att branschen vill börja i mindre skala för att minska riskerna. I Figur 1.6 illustreras skillnaden mellan den produktion som kan åstadkommas med inhemsk råvara, råvaran som krävs för att producera angivna mängder biodrivmedel baserat på företagets intentioner och även den biodrivmedelsanvändning som uppskattas för två olika scenarion som nämndes tidigare.



Figur 1.6. Potential för inhemsk biodrivmedelsproduktion enligt Energimyndigheten under perioden 2021-2035 i TWh/år¹¹.

Det går att dra flera slutsatser från Figur 1.6 i förhållande till de resultat som tas fram i denna rapport:

- Det ser ut att bli en utmaning att tillhandahålla tillräckligt med råvaror för biodrivmedel inom Sveriges gränser även om nya råvaruresurser nyttjas utöver de som finns idag (framför allt från skogen).
- Råvarubehovet för den biodrivmedelsanvändning som prognosticeras ser ut att kräva signifikanta import av råvaror.
- Om den årliga produktionen av biodrivmedel 2030 kan begränsas till 10 TWh/år (ca 18 TWh/år bioråvaruanvändning) ser Energimyndigheten detta som en hållbar potential framför allt med tanke på att Sverige då förhoppningsvis kan tillgodose sitt råvarubehov med egna resurser från jord- och skogsbruk.
- Nivån på ”inhemsk drivmedelsproduktion” på 10-15 TWh (motsvarande 1-1,5 miljoner m³) är för liten i förhållande till drivmedelsproducenternas ambitioner (Preem’s mål ligger på 5 miljoner m³ biodrivmedel år 2030) och behov av skala för ekonomiskt hållbara anläggningar. Export av biodrivmedel är ett rimligt alternativ som inte har tagits hänsyn till i studien.

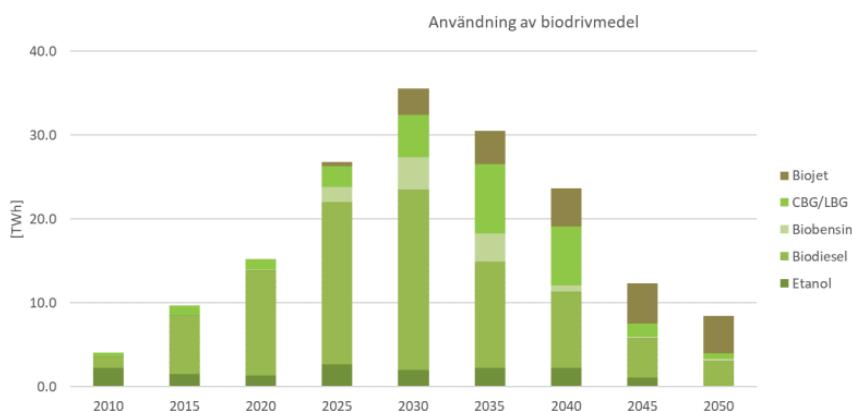
Det bör även nämnas att omvandlingen av råvaror från jord- och skogsbruk som baseras på lignocellulosa kräver nya tekniker som ännu inte används kommersiellt. Det finns några demonstrations- och pilotanläggningar som bör nämnas i detta sammanhang. Pyrocell har en prototypanläggning i Gävle där sågspån omvandlas till pyrolysolja sedan 2021 där nuvarande kapacitet motsvarar 25 000 ton pyrolysolja/år (teknologin bedöms ha TRL-nivå 7)⁴⁹. Produktionen uppskattas motsvara ungefär 0.1 TWh/år. Renfuel är ett biodrivmedelsföretag som producerar en ligninbaserad bioolja som kan förädlas till drivmedel eller flygbränsle. SunPine tillverkar biodrivmedel från tallolja, producerar egentillverkad biometanol samt utvecklar nya biodrivmedel baserat på skogsråvara. SunCarbon jobbar med att förädla ligninolja ur massabrukens svartlut där en produktionsanläggning planeras färdigställas under 2022 för att producera 45 000 ton ligninolja per år. Att investera i teknik som inte är kommersiell idag medför merkostnader för de som finansierar projekten men det finns en stor potentiell nytta för samhället som helhet. Energimyndigheten påpekar ett behov av nya styrmedel som kan minska investeringsriskerna och bedömer att det med denna typ av styrmedel kan produceras ungefär 10 TWh/år biodrivmedel från inhemska råvaror (såsom skogsbaserade restprodukter) år 2030. Energimyndigheten föreslår en kombination av investeringsstöd (likt Industriklivet) och en riktad kvot i reduktionsplikten för råvaror främst innehållande lignocellulosa vilket föreslås gälla lika för bensin och diesel och öka från 0,7% 2024 till 15,9% 2030. Detta kan därmed tolkas som att i bästa fall kan 10 TWh/år biodrivmedel produceras från inhemska råvaror men återstoden av produktionen behöver därmed baseras på importerade råvaror enligt Energimyndigheten. De nya teknikerna för produktion har än så länge svårt att konkurrera med befintliga tekniker och det finns en risk att konventionella råvaror för produktion av HVO och etanol kommer öka i pris framöver när allt fler konkurrerar om de råvaror som godkänns av förnybartdirektivet.

Eftersom biodrivmedel handlas internationellt påverkas vår möjlighet att importera och exportera biodrivmedel även av tillgång och efterfråga i andra länder. Detta inkluderar bland annat andra EU länder. I det nya förnybartdirektivet från EU (RED II) från 2018 lades ett allt större fokus på avancerade biodrivmedel och målet är att de ska utgöra minst 0,2% 2022, 1% 2025 och 3,5% 2030. Sverige har än så länge ingen speciell kvot för avancerade biodrivmedel. Det bör noteras att utöver kvoterna så får avancerade biodrivmedel i många länder räknas dubbelt för att uppfylla de generella kvoterna vilket innebär att för att blanda in 2% biodrivmedel behöver producenten endast blanda in 1% förutsatt att biodrivmedlet är godkänt för dubbelräkning. Detta används för att göra det mer ekonomiskt lönsamt att producera avancerade biodrivmedel samtidigt som utsläppsminskningen blir

⁴⁹ IEA Bioenergy: Task 34: 11 2021 – Bioenergy Success Stories. Biobased gasoline from sawdust via pyrolysis oil and refinery upgrading

mindre. Vad som räknas som avancerade biodrivmedel anges i del A i bilaga IX till direktivet vilket inkluderar bland annat alger, biologiskt avfall, biomassafraktionering av avfall och rester från skogsbruk och skogsbaserad industri som exempelvis bark, grenar, blad, barr, trädtoppar, sågspån, kutterspån, svartlut, lignin, tallolja, halm och flertalet andra råvaror⁵⁰.

Genom att titta på efterfrågan på bioråvara visar integrerade scenarier (som tar hänsyn till flera sektorer på samma gång) från IEA, IRENA och EU kommissionen på avsevärda ökningarna på minst 70% om biomassa för andra ändamål än för energi inkluderas. Det finns en uppenbar risk för målkonflikter gentemot andra miljömål och det är svårt att se hur tillgången ska kunna matcha den förutsedda ökningen i efterfrågan. Material Economics ser ett gap på 40% mellan tillgångar och behov av biomassa för 2050⁵¹ vilket är i storleksordningen 1400 - 2200 EJ/år jämfört med de 3000-3600 EJ/år som finns att tillgå när återvinningsmaterial, avfall, jordbruk och skogsråvaror läggs ihop.



Figur 1.7. Uppskattad tidigare och framtida användning av biodrivmedel i inrikes transporter och utrikesflyg.

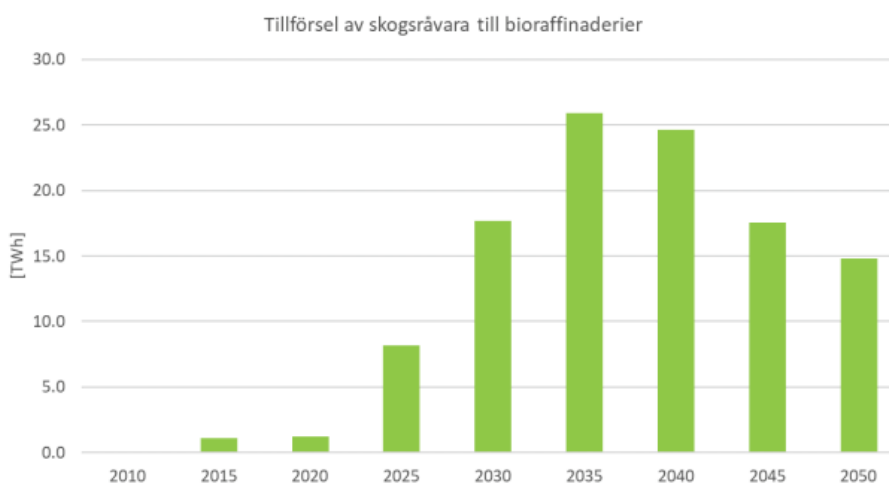
Energiforsk publicerade nyligen en rapport som tittar på ett framtida scenario för energi- och transportsektorn⁵² som var en del av en större insats som handlade om att utvärdera den framtida konkurrensen om svensk skogsråvara. Till 2030 uppskattas att 36 TWh/år biodrivmedel produceras varav 10 TWh/år produceras från skogsråvara. I denna rapport hänvisar man framför allt till tidsmässiga

⁵⁰ EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS DIREKTIV (EU) 2018/2001 av den 11 december 2018 om främjande av användningen av energi från förnybara energikällor (omarbetning) <https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/SV/TXT/HTML/?uri=CELEX:32018L2001&from=EN#d1e32-204-1>

⁵¹ Material Economics (2021). EU Biomass Use In A Net-Zero Economy - A Course Correction for EU Biomass

⁵² Hagberg, M., Unger, T., (2021). Framtidsbilder energi- och transportsektorn – Konkurrensen om den svenska skogsråvaran, Rapport 2021:824. ISBN 978-91-7673-824-5.

begränsningar för att få produktionskapacitet på plats. 10 TWh/år biodrivmedel bedöms baseras på biogas från rötning och HVO produktion baserat på liknande råvaror som används idag (slakteriavfall och restolja). Resterande behov motsvarande 15 TWh/år bedöms tillgodoses genom import där HVO utgör en betydande andel. Det uppskattas att användningen av skogsbaserade råvaror för biodrivmedel ökar till 15 TWh/år som mest år 2035 för att sedan minska till 9 TWh/år år 2045. Det bör påpekas att detta inte inkluderar möjlig export av biodrivmedel vilket skulle kunna ge förutsättningar till fortsatt hög produktion även i ett längre perspektiv. Den uppskattade tillförseln av skogsråvara till bioraffinaderier för att producera dessa mängder bedöms utgöra 18 TWh/år år 2030, 26 TWh/år år 2035 och 18 TWh/år år 2045. Detta inkluderar drygt 1 TWh/år tallolja. Produktionen bedöms inkludera pyrolysbaserad produktion av biodiesel, biobensin och biojet. En viktig begränsning i det uppmålade scenariot är faktumet att stora biodrivmedelsanläggningar har en ekonomisk livslängd/återbetalningstid på ca 20 år, vad som inte matchar intervallerna för förändring i produktionsvolymen enligt studien. För pyrolysbaserad produktion i mindre skala är det viktigt att poängtera att detta spåret kräver samarbete från raffinaderiindustrin med ett stort antal olika aktörer och innebär komplexa logistikdjor med ett antal distribuerade anläggningar för att försörja raffinaderiet med de volymer som krävs för ekonomiskt hållbar verksamhet baserad på bioråvara.



Figur 1.8. Uppskattad tillförsel av skogsråvara till inhemska bioraffinaderier för användning för inrikes transporter och utrikesflyg⁵².

Figur 1.8 visar tillförseln av primär skogsråvara till bioraffinaderier. Detta inkluderar inte råvara till icke-skogsbaserad biodrivmedelsproduktion eller råvara till produktion av biodrivmedel som har importerats.

Jämför man alla presenterade siffror i vår rapport för tillgångar av biomassa och scenarion för framtida biodrivmedelsproduktion och användning med dagens svenska raffinaderiindustrins planer för ökad produktionskapacitet av biodrivmedel under de kommande 10 åren, så observeras en förväntad ökning från 2021-2030 till 55 TWh/år. Fossilfritt Sveriges färdplan för petroleum- och biodrivmedelsbranschen indikerar ännu större produktionsvolymers motsvarande 90-110 TWh/år före 2030 för medlemsföretagen i denna bransch förutsatt att stora investeringar görs i Sverige och utomlands. I denna analys nämns även återvunnen plast som en möjlig råvara förutom de råvaror som redan beskrivits i denna rapport.

Bioråvaror väntas öka även inom andra sektorer än för biodrivmedelsproduktion. Exempel på detta är industrin där bioråvarorna kan användas som råvara och som energi för applikationer som är svåra att elektrifiera. I Fossilfritt Sveriges sammanställning från 2021 handlar det om 10-15 TWh/år 2030 respektive 14-33 TWh/år 2045. Flera molekyler som kan användas för kemiska produkter som metan och metanol är även ämnen som direkt eller efter ytterligare förädling kan användas till drivmedel. Baserat på bakgrunden att många av de möjliga råvarorna inte är bundna till en viss slutprodukt utan kan styras över till andra användningsområden bör man sikta på att bygga så flexibla anläggningar som möjligt för att undvika kostsamma ombyggnationer senare.

Preems hållbarhetsrapport för 2020⁵³ inkluderar en målsättning om att producera 5 miljoner m³ förnybara drivmedel 2030 i jämförelse med dagens produktion på 0,2 miljoner m³. Genom att räkna om detta till TWh motsvarar målbilden en årlig produktion av förnybara drivmedel på 50 TWh/år.

⁵³ Preems roll i samhällsomställningen. Hållbarhetsredovisning 2020.

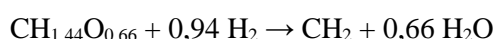
Bilaga A - Beräkningsunderlag och omräkningstabeller

För att bättre kunna bedöma potentialen för biodrivmedelsproduktion från de olika biomassaråvaror har en uppskattning på den teoretiskt maximala produktionen baserad på sammansättningen av råvaran och drivmedlet gjorts.

Då kolatomerna är en nödvändig byggsten i produktion av dagens flytande drivmedel sätts det en övre gräns för omvandlingen genom att anta att all kolinnehåll i biomassan omvandlas till drivmedel utan några bioprodukter och/eller CO₂ som bildas vid de flesta produktionsvägar.

En sammanställning av ämnesdata och energiinnehåll för de viktigaste bioråvarorna och produkterna som används i utvärderingen finns i tabell A1. Värden bör anses vara **representativa genomsnitt**. För t.ex. pyrolysolja kan både sammansättningen variera betydligt beroende på råvara och själva utformningen av pyrolyprocessen. För att bedöma den teoretiskt maximala potentialen för biodrivmedelsproduktion från råvarorna i avsnitt 2 har data för ”flytande drivmedel” (generisk sammansättning med förhållande C:H = 1:2) enligt Tabell antagits i beräkningarna.

För att omvandla all biogen kol från t.ex. fast skogsbiomassa - 50 wt-% kol, 6 wt-% väte och 44 wt-% syre (se tabell Tabell) eller en motsvarande molbaserad sammansättning på CH_{1,44}O_{0,66} - till flytande drivmedel (CH₂ – se tabell Tabell) kan det mängden producerad biodrivmedel bestämmas baserad på reaktionsstökiometrin:



Omvandlas alla kolatomer i fast biomassa så kan mängden biodrivmedelproduktion beräknas baserad på kolinnehållet: 1 kg biomassa – motsvarande 0,5 kg kol – resulterar i 0,584 kg biodrivmedel (som har ett kolhalt på 0,856 på viktbas).

Baserat på reaktionsstökiometrin kan även ett teoretiskt vätgasbehov för fullständig kolomvandling räknas ut. Det vill säga, för varje kolatom C i fast skogsbiomassa krävs det 0,94 H₂ molekyler för att fullständigt omvandla det biogena kolet till flytande drivmedel.

Tabell A1: Representativ energiinnehåll och sammansättning av flytande drivmedel och biomassa/biobaserade råvaror (torr substans) som har använts genom rapporten.

			Drivmedel			Biomassa		Biobaserade råvaror			
			Flytande drivmedel	Diesel	Bensin	Fast skogsbiomassa	Halm	Vegetabilisk olja/UCO ^b	Lignin	Pyrolysolja	Svartlut ^c
Energiinnehåll	LHV ^a	MJ/kg	43	43,3	42,8	19,2	17,3	37,0	25,2	21,8	12,1
		MWh/ton	11,9	12,0	11,9	5,3	4,8	10,3	7,0	6,1	3,4
		MJ/l	34,4	35,3	32,2			9,5			
Densitet	ρ	kg/m ³	800	815	752			920			
Sammansättning ^a (massbaserad)	C	wt-%	85,6	86,1	84,1	50	46,6	75,7	65,2	56,5	33,6
	H	wt-%	14,4	13,9	15,9	6	5,1	11,9	5,8	6,2	35,8
	O	wt-%	-	-	-	44	42,7	11,4	27,1	37,1	39,8
	H/C ratio	-	0,17	0,16	0,19	0,12	0,11	0,16	0,09	0,11	0,11
	O/C ratio	-				0,88	0,92	0,15	0,42	0,66	1,18
Sammansättning ^a (molbaserad)	C	mol	1	12	8	1	1	1	1	1	1
	H	mol	2	23	18	1,44	1,30	1,9	1,07	1,31	1,27
	O	mol	-	-	-	0,66	0,69	,01	0,31	0,49	0,89
	H/C ratio	-	2	1,92	2,25	1,44	1,30	1,86	1,07	1,31	1,27
	O/C ratio	-	-	-	-	0,66	0,69	0,11	0,31	0,49	0,89

^a För biomassa och biobaserade råvaror anges energiinnehåll och sammansättning för torr substans (TS)

^b Rapsolja (Canola oil)

^c Svartlut innehåller en större andel kokkemikalier från massprocessen och C, H och O utgör därav enbart ca 80% av vikten tillsammans.

Dessa siffror kan både räknas om till massvikt och energi för att kunna bättre koppla till biomassapotentialen och den nödvändiga energitillförseln i form av vätgas. För exemplet med fast skogsbiomassa innebär det t.ex. att man teoretisk kan producera 0,58 ton resp. 6,98 MWh flytande drivmedel baserad på 1 ton skogsbio massa (torr substans) eller 0,11 ton resp. 1,31 MWh baserad på 1 MWh skogsbio massa (torr substans). Detta innebär alltså en extern energitillförsel i form av vätgas, utöver eventuell värmeförsel och el till processerna. Det stökiometriska förhållandet tillåter därmed även att uppskatta det teoretiska vätgas-

resp. elbehovet (för elektrolys av vatten) för maximalt tillvaratagande av biogen kol i biodrivmedel. Även mängden biodrivmedel som teoretiskt sett maximalt kan produceras vid fullständig kolomvandling kan bestämmas. I tabell A2 sammanställs dessa teoretiska nyckeltal – som representerar gränsvärden för produktion av biodrivmedel med maximal kolomvandling.

Tabell A2: Teoretiska mängder biomassa/vätgas/el för komplett omvandling av biogen kol till biodrivmedel (CH₂) baserad på stökiometrisk omvandling för olika biomassaråvaror.

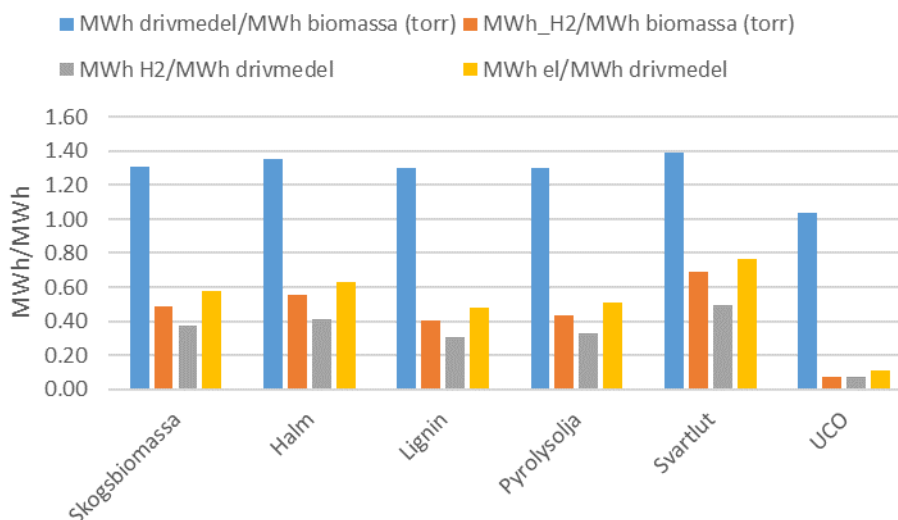
	Skogsbiomassa	Halm	Vegetabilisk olja/UCO	Lignin	Pyrolysolja	Svartlut
mol H₂ per mol C^a	0,94	1,04	0,18	0,78	0,84	1,26
MWh drivmedel/MWh biomassa (TS)^b^a	1,31	1,35	1,04	1,30	1,30	1,39
ton drivmedel/ton biomassa (TS)^b^a	0,58	0,54	0,90	0,76	0,66	0,39
ton H₂/ton TS biomassa	0,08	0,08	0,02	0,09	0,08	0,07
ton H₂/MWh biomassa (TS)	0,015	0,017	0,002	0,012	0,013	0,021
MWh H₂/MWh biomassa	0,49	0,56	0,08	0,40	0,43	0,69
MWh el/MWh biomassa^c	0,75	0,86	0,12	0,62	0,66	1,06
ton H₂/ton biodrivmedel	0,14	0,15	0,03	0,11	0,12	0,18
ton H₂/MWh biodrivmedel	0,011	0,012	0,002	0,009	0,010	0,015
MWh H₂/MWh biodrivmedel	0,37	0,41	0,07	0,31	0,33	0,50
MWh el/MWh biodrivmedel^c	0,57	0,63	0,11	0,48	0,51	0,77

^a baserad på fullständig omvandling av biogen kol till drivmedel (CH₂) enligt stökiometrin

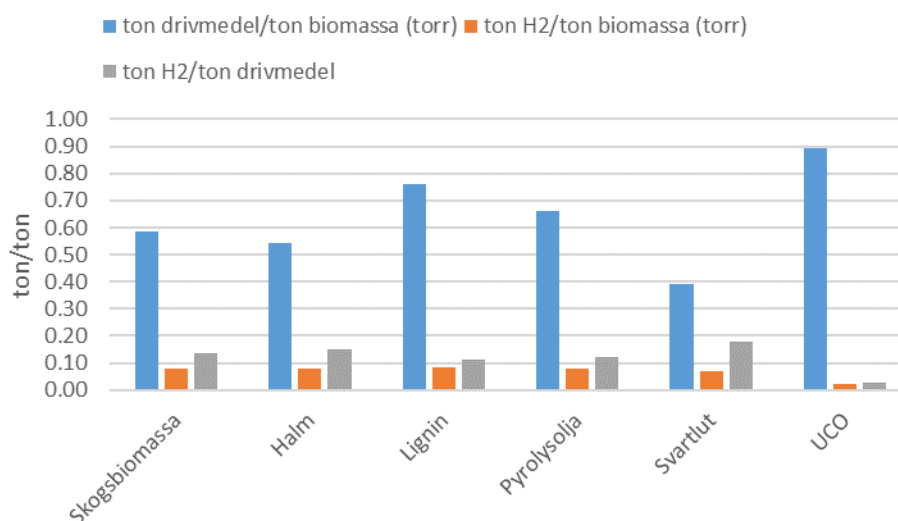
^b TS – torr substans

^c elenergi för tillverkning av vätgas (65% verkningsgrad från el till H₂ (baserad på LHV))

I figurerna A1 och A2 finns utvalda energi- respektive massbaserade nyckeltal för maximal omvandling av biogen kol till biodrivmedel representerad i grafisk form.



Figur A1: Grafisk representation av utvalda energibaserade nyckeltal för fullständig omvandling av biogen kol från råvara enligt Tabell A2.



Figur A2: Grafisk representation av utvalda massbaserade nyckeltal för fullständig omvandling av biogen kol från råvara enligt Tabell A2.

I tabell A2 observeras att användning av svartlut för biodrivmedelsproduktion ger störst mängd biodrivmedel per energienhet biomassa vid antagande om fullständig kolomvandling från biomassa till biodrivmedel. Detta innebär samtidigt att den processen också kräver mest vätgas resp. el för omvandlingen (per energienhet biomassa). Biodrivmedelsproduktion baserat på lignin är den process som innebär lägst behov av vätgas respektive el samtidigt som koleffektiviteten är jämförbar med de uppskattade värdena för skogsbiomassa och pyrolysolja. Pyrolysoljan är dock ett specialfall då den oftast tillverkas i en dedikerad process från en



biomassaråvara, så förlusterna i det omvandlingssteget måste tas hänsyn till. Vegetabilisk olja kräver minst insats av vätgas för fullständig omvandling då dess kemisk struktur är närmast drivmedelssammansättningen bland bioråvarorna i Tabell A2. Detta innebär dock samtidigt att potentialen för ökad omvandling till drivmedel genom tillsats av vätgas är begränsad pga. av den redan höga omvandlingsgraden för standardprocessen.