

Executive summary

EFFEKTIVAST ANVÄNDNING AV BIOMASSA – TILL BIOBRÄNSLE ELLER ELEKTROBRÄNSLE?

Februari 2022

Markus Millinger, Lina Reichenberg, Fredrik Hedenus, Göran Berndes (Chalmers tekniska högskola),

Elisabeth Zeyen, Tom Brown (Technische Universität Berlin)

FÖRNYBARA DRIVMEDEL OCH SYSTEM 2018-2021

Ett samverkansprogram mellan Energimyndigheten och
f3 Svenskt kunskapscentrum för förnybara drivmedel

FÖRORD

Denna executive summary har skrivits för ett projekt inom samverkansprogrammet Förnybara drivmedel och system, projektnummer 50460-1. Projektet har finansierats av Energimyndigheten och f3 – Svenskt kunskapscentrum för förnybara drivmedel.

Energimyndigheten arbetar på regeringens uppdrag med energiomställningen till ett modernt, hållbart, fossilfritt välfärdssamhälle och stödjer forskning om förnybara energikällor, smarta elnät och framtidens fordon och bränslen.

f3 är en nätverksorganisation som fokuserar på utveckling av miljömässigt, ekonomiskt och socialt hållbara förnybara drivmedel. f3 finansieras gemensamt av centrets parter och Västra Götalandsregionen. Chalmers Industriteknik fungerar som värd för centret. Kansliet vid f3 utgör programkansli för samverkansprogrammet Förnybara drivmedel och system. (se www.f3centre.se)

Denna publikation ska citeras enligt följande:

Millinger, M., Reichenberg, L., Hedenus, F., Berndes, G., Zeyen, E., Brown, T. (2022) Effektivast användning av biomassa – till biobränsle eller elektrobränsle? (*Executive summary*). Publ. nr FDOS 35:2022. Tillgänglig på <https://f3centre.se/sv/samverkansprogram/>

Projektets totala resultat presenteras i följande publikationer:

Millinger, M., Reichenberg, L., Hedenus, F., Berndes, G., Zeyen, E., Brown, T. (2022) Most efficient use of biomass – for biofuels or electrofuels? Publ. No FDOS 34:2022. Tillgänglig på <https://f3centre.se/en/renewable-transportation-fuels-and-systems/>

FRAMTIDA FLYTANDE BRÄNSLEN

Utöver Sveriges mål om större andel förnybart i transportsektorn finns det ett långsiktigt mål att inte orsaka några nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären senast år 2045, för att därefter uppnå negativa utsläpp. Trots höga förväntningar på en omfattande elektrifiering av transportsektorn antas ett behov av flytande kolbaserade drivmedel inom främst flyg och sjöfart kvarstå även på sikt. För att uppnå ambitiösa utsläppsmål behövs lösningar för att reducera utsläppen för sådana drivmedel.

Det finns i grunden tre alternativ:

- Biodrivmedel, som produceras med biomassa som råvara. Dessa dominerar idag marknaden för förnybara bränslen.
- Elektrobränslen, som produceras genom att kombinera vätgas och icke-fossil koldioxid, där vätgasen härstammar från elektrolys som drivs med fossilfri elektricitet.
- Fortsatt användning av fossila drivmedel (eller elektrobränslen som produceras av fossil koldioxid), vilket kompenseras genom att koldioxid från atmosfären fångas in och lagras utanför atmosfären (carbon dioxide removal, CDR), så kallade negativa utsläpp.

I system med stor andel variabla förnybara energikällor kan biomassa eller andra bränslen erbjuda en stabilare elförsörjning. Ett sådant system kan också producera elektrobränslen när det finns ett överskott på el. Biomassa kan alltså användas för drivmedel på två principiellt olika sätt, antingen direkt som råvara till biodrivmedelsproduktion, eller genom att biogen koldioxid från biomassa-omvandling fångas in (exempelvis från ett kraftvärmeverk eller en biogasanläggning) och används som råvara vid produktion av elektrobränslen. Vilken som är den minst kostsamma vägen för systemet som helhet beror till stor del på den relativa kostnaden för olika tekniklösningar i framtiden, men också på hur mycket biomassa som kan produceras på ett hållbart sätt.

I denna studie har vi analyserat hur krav på inblandning av biodrivmedel kan påverka utvecklingen inom energi- och transportsystemen, samt hur inblandningskravet kan påverka kostnader för att minska CO₂-utsläppen i EU som helhet. Vi undersöker detta med hjälp av en energisystemmodell som täcker alla energisektorer i Europa. Syftet var att undersöka om krav på biodrivmedelsanvändning i transportsektorn är förenligt med ambitioner att stödja en kostnadseffektiv klimatomställning på medellång (år 2040) respektive lång (2060) sikt.

KOSTNADSEFFEKTIVA DRIVMEDEL

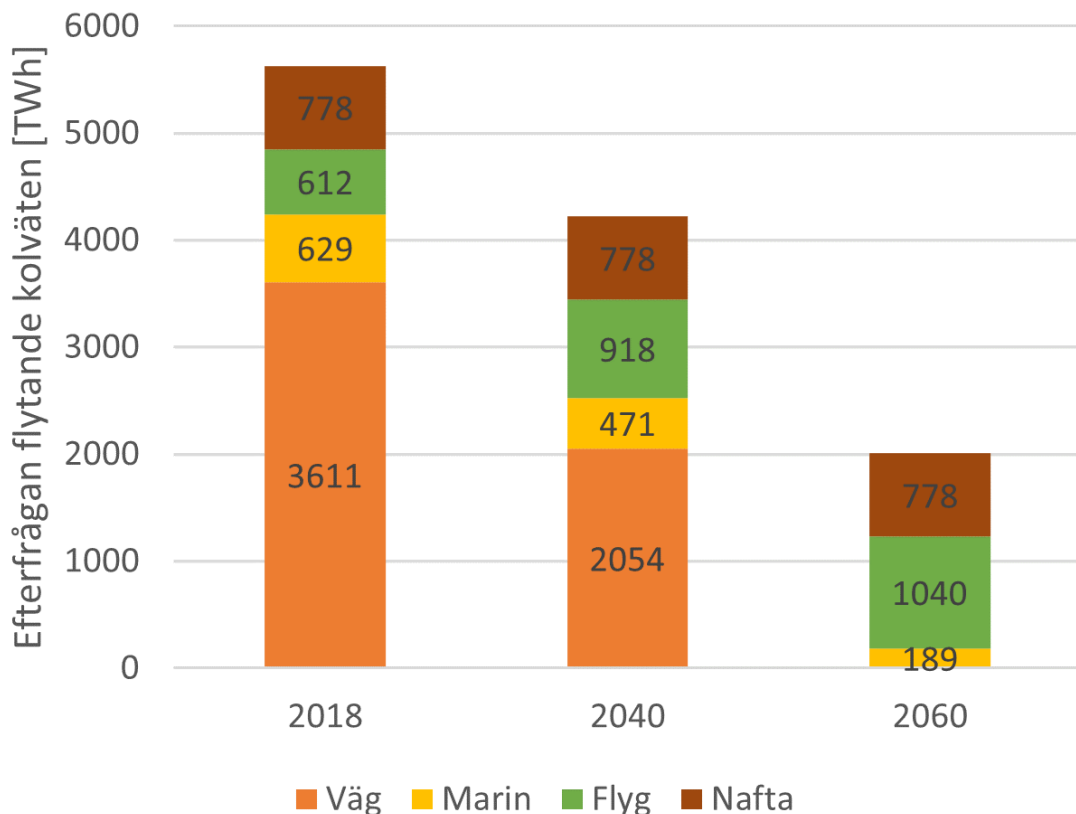
I studien har vi analyserat hela det europeiska energisystemet, dvs el, uppvärmning, transport samt industrivärme och -kemi, i en sektorkopplad modell (PyPSA-Eur-Sec) där de olika sektorerna är sammankopplade och kan försörja varandra med bränslen, värme och el, bland annat genom elektrifiering av uppvärmning, transport och industri. Modellen minimerar den totala kostnaden av investeringar och löpande kostnader.

Analyserna görs utgående ifrån antagandet att efterfrågan på flytande kolbaserade bränslen minskar kraftigt och koncentreras alltmer till flyget, medan efterfrågan på nafta inom kemiska industrin ligger kvar på samma nivå som 2018 (Figur 1). Antagandet grundas på förväntan att (i) investeringskostnader för tekniker som vind, sol, batterier och elektrolysörer sjunker i framtiden, vilket leder till minskande kostnader för el- och vätgasproduktion; (ii) det sker en betydande elektrifiering av transport- och industrisektorerna; och (iii) att en del av drivmedelsbehovet tillgodoses av vätgas.

Bland övriga antaganden som görs kan särskilt nämnas:

- Energibehovet i den del av transportsektorn som inte elektrifieras tillgodoses genom flytande drivmedel, som kan produceras på något av de tre sätt som tas upp ovan;
- Flytande biodrivmedel produceras från fast biomassa via Fischer-Tropsch-processen och flytande elektrobränslen produceras genom elektrolys och därefter syntes av väte och koldioxid i en Fischer-Tropsch-process;
- Metan från rötningsbar biomassa kan enbart användas för att täcka el- och värmebehov och användning av grödobaserad biomassa eller energiskog för bioenergi ingår inte;
- Biomassapotentialet i Europa är begränsad till motsvarande ca 5% eller 23% av det resulterande totala primärenergibehovet, beroende på scenario, och kostnader på lägre nivå än dagens marknadspriser antas. Prisnivån för *importerad* biomassa antas öka i linje med globala studier vilket innebär högre prisnivåer jämfört med idag.

Vi antar att det 2040 finns ett krav på att minska koldioxidutsläppen för EU:s energi- och transportsystem med 80% (jämfört med utsläppen för 1990). För år 2060 är minskningskravet satt till 105%, det vill säga negativa utsläpp motsvarande 5% av utsläppen för 1990. Negativa utsläpp innebär att koldioxid tas bort från atmosfären, det kan handla om att fånga in och lagra koldioxid från biobränsle (bioenergy with carbon capture and storage, BECCS), eller infångning direkt från luften (direct air carbon capture and storage, DACCS).



Figur 1: Efterfrågan på flytande kolbaserade bränslen i Europa antas minska med 29% till 2040 och med 64% till 2060, jämfört med 2018.

Vi använder modellen för att uppskatta kostnaden för att begränsa CO₂-utsläppen från Europas energisystem (via utsläppstak), med och utan krav på inblandning av biodrivmedel i flytande drivmedel. Utöver jämförelsen av kostnader så analyserar vi hur inblandningskravet påverkar systemomställningen, tex betydelsen av olika tekniklösningar inom industri, uppvärmning och elproduktion. En hög upplösning i tid har använts för att fånga upp variabilitet i dels elproduktion, dels i flexibel elanvändning som tex. laddning av elbilar, värmelagring och vätgasproduktion. Vi har genomfört analyserna för framtida år, 2040 och 2060.

Resultaten visar att kostnadseffektiva systemlösningar som når utsläppsmålet för 2040 (-80% CO₂-utsläpp) fortsatt kan baseras på flytande bränslen från fossila råvaror. Ett utsläppsfritt elsystem, främst baserat på sol och vindkraft, och delvis elektrifierad värmeförsörjning, industriproduktion och transport bidrar till att nå målet, liksom biomassa-användning för kraftvärme och industrivärme som delvis är kopplat till koldioxidinfångning och lagring.

Utsläppsmålet 2060 (-105% CO₂-utsläpp) nås kostnadseffektivt genom att elektrobränslen används och genom att användning av fossil-baserade flytande bränslen kompenseras via negativa utsläpp. Vilket av dessa bränslen som är kostnadseffektivt beror på hur stor kapaciteten för CO₂-lagring är. Om efterfrågan på flytande bränslen tillgodoses med elektrobränslen så krävs ca. 50% mer kapacitet av sol- och vindkraft jämfört med när fossil-baserade drivmedel används. Men det är ganska liten skillnad (5%) i total energisystemkostnad trots mycket stora skillnader i hur energisystemet är

utformat. En flexibel vätgasproduktion utnyttjar prisskillnader för elproduktionen som uppkommer genom variabiliteten i sol- och vindkraft, och bidrar därmed till en förbättrad ekonomi för den förnybara energin genom att en större del av resursen kan utnyttjas.

KONKURRERANDE BIOMASSAANVÄNDNING INOM INDUSTRI OCH KRAFTVÄRME

Resultaten visar att användning av biomassa inom industrin för att producera processvärme av medeltemperatur är kostnadseffektivt både på medellång och lång sikt, dels eftersom både energiomvandling och koldioxidinfångning kan ske med relativt hög verkningsgrad, dels eftersom alternativen är relativt dyra.

Även användning av biomassa för kraftvärme är kostnadseffektivt och används när det är kallt, mörkt och vindstilla, dvs. när värmepumpar är ineffektiva och sol- och vindkraft inte kan täcka elbehovet. En flexibel användning av biomassa för att balansera el- och värmebehovet ingår i kostnadseffektiva systemlösningar både 2040 och 2060.

Dessa stationära användningsområden för biomassa kombineras på sikt med infångning av koldioxid som antingen används för produktion av elektrobränslen eller för att skapa negativa utsläpp genom långsiktig lagring.

BIODRIVMEDELSMANDAT ÖKAR SYSTEMKOSTNADER

I de scenarier där krav på inblandning av biodrivmedel i flytande drivmedel införs ökar den totala energisystemkostnaden.

På medellång sikt (2040, 80% reduktion av CO₂-utsläpp och 20% inblandningskrav), där flytande drivmedel utgör ca 30% av primärenergiefterfrågan:

- Kostnaden för hela energisystemet ökar 2-14% (mellan 10 och 66 miljarder €) jämfört med fallet utan inblandningskrav. Den högre ökningen är kopplad till scenarier med låg tillgänglighet av inhemsk biomassa i Europa.
- Kostnadsökningen beror på att biodrivmedel används i stället för bensin och diesel i transportsektorn trots att det i modellen finns billigare sätt att minska CO₂-utsläppen med 80%. Om biomassan som används för biodrivmedelsproduktion i stället hade använts inom andra sektorer så hade kostnaden för att nå CO₂-reduktionsmålet blivit lägre.

På lång sikt (2060, 105% reduktion av CO₂-utsläpp och 50% inblandningskrav), där flytande drivmedel utgör ca 15% av primärenergiefterfrågan:

- Kostnaden för hela energisystemet ökar 4-8% (mellan 18 och 40 miljarder €) jämfört med fallet utan inblandningskrav.
- Kostnadsökningen beror främst på att biomassan används mer kostnadseffektivt i stationära anläggningar inom industri och kraftvärme, vilket möjliggör att en större andel av CO₂-utsläppen kan fångas in och användas för produktion av icke-fossila elektrobränslen och för att generera negativa utsläpp.

Sammanfattningsvis drivs kostnadsökningen av:

1. Biomassaknapphet, vilket leder till höga kostnader.
2. Ökade kostnader för industrivärme och kraftvärme eftersom dyrare lösningar krävs då biomassan används för drivmedelsproduktion.
3. Konkurrenskraften och skalbarheten hos elektrobränslen och fossila bränslen som kompenseras genom negativa utsläpp.

Kostnadsökningarna kan jämföras med kostnaden för allt flytande bränsle (oräknat skatter) inom transportsektorn i EU 2018, som uppskattas till 282 miljarder €. Både på medellång och lång sikt beror kostnadsökningens storlek på antagandet om mängden tillgänglig inhemsk biomassa i Europa.

DRIVMEDELSPOLICY

Utvecklingen av både flytande biodrivmedel (från till exempel restprodukter från skogen) och elektrobränslen innebär att nya försörjningskedjor behöver utvecklas, vilket kan hindra en kostnadseffektiv utveckling mot förnybara transporter. Sektorsspecifika styrmedel i form av till exempel krav på inblandning av förnybara drivmedel kan därför behövas för att stimulera utvecklingen av dessa drivmedel.

Osäkerheterna avseende en hållbar resurstillgång på både kort och lång sikt för både biodrivmedel och elektrobränslen är påtagliga. Dessutom är det troligt att en ökad elektrifiering av transportsektorn leder till en kraftigt minskad efterfrågan på flytande bränslen, och förändringar i vilka sorters bränslen som efterfrågas. Dessa aspekter innebär risker för investerare, dels med avseende på en minskad marknad som kan leda till att investeringar inte ger förväntad avkastning, dels med avseende på osäkerheter angående både råvarutillgång och -kostnad samt vilka produkter som efterfrågas. Ett fokus på flexibla processer sett till både råvaror och produkter kan minska dessa risker. Detta skulle möjliggöra att drivmedel produceras baserat på biomassa till en början, och sedan växlar till att baseras på el och grön vätgas. Det kan också vara viktigt att ytterligare stimulera andra icke-fossila alternativ för flytande drivmedel och vätgasproduktion för att frigöra biomassa till användningsområden som material och för negativa utsläpp genom BECCS.

ENGLISH SUMMARY

The transport sector in the EU is subject to several policy instruments aimed at driving the climate transition. In the case of fuels, there are e.g. fuel taxes and reduction obligations for petrol and diesel, and there are also proposals for parts of maritime and road transport to be included in the EU emissions trading scheme. At present, the policy instruments only allow the use of biofuels to meet reduction obligations. Another option would be to use fossil-free fuels of non-biological origin (electrofuels) to meet the reduction obligation, which today are not included in the policy instruments.

This report summarises the results of a study analysing how biofuel blending requirements in liquid fuels could affect developments in the energy and transport systems, and the costs of reducing CO₂ emissions in the EU as a whole. The aim is to investigate whether a requirement for biofuel use in the transport sector is compatible with ambitions to support cost-effective climate change mitigation in the medium (~20 years) and long (~40 years) term. We quantify the cost of limiting CO₂ emissions from the EU energy system (via emission caps), with and without a requirement to blend biofuels into liquid fuels. This is done using a sector-integrated model (PyPSA-Eur-Sec) that includes all parts of the energy and transport systems and minimises the total cost of investment- and running costs. In addition to the comparison of costs, we analyse the impact of blending requirements on system transformation, e.g. the importance of different technology solutions in different industries, heating and power generation. Our results show that biofuel mandates corresponding to 14%-17% of the current use of liquid fuels increase the cost of the climate transition.

In the medium term (2040, 20% blending requirements):

- The cost of reaching the CO₂ target increases by 10 to 66 billion € (2-14% of the cost of the whole energy system) compared to the case without mandatory blending.
- The cost increase is due to the use of biofuels instead of petrol and diesel in the transport sector even though biomass would have been more cost-efficiently used in other sectors.

In the long term (2060, 50% blending requirement):

- The cost of reaching the CO₂ target increases by 18 to 40 billion € (4-8% of the cost of the whole energy system) compared to the case without mandatory blending.
- The cost increase is mainly due to it being more cost-effective to use biomass in stationary applications, which enables more CO₂ emissions to be captured and utilized or stored.

In both the medium and long term, the magnitude of the cost increase depends on the assumption of the amount of domestic biomass available. The cost increases may be compared to the cost of all liquid fuel (excluding taxes) in the transport sector in the EU in 2018, which was 282 billion €.



CHALMERS
UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

