

Executive summary

EN DROPPE I TANKEN ELLER EN NY TANK? - EN JÄMFÖRELSE AV KOSTNADER OCH KLIMATPRESTANDA

Augusti 2021

Tomas Lönnqvist & Julia Hansson (IVL – Svenska Miljöinstitutet)

Patrik Klintbom, Erik Furusjö & Kristina Holmgren (RISE)

FÖRNYBARA DRIVMEDEL OCH SYSTEM 2018-2021

Ett samverkansprogram mellan Energimyndigheten och
f3 Svenskt kunskapscentrum för förnybara drivmedel

FÖRORD

Detta projekt har genomförts inom ramarna för samverkansprogrammet Förnybara drivmedel och system, projektnummer 48361-1. 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:

Lönnqvist, T. *et al.* (2021) *En droppe i tanken eller en ny tank? (Executive summary)*. Publ. nr FDOS 18:2021. Tillgänglig på <https://f3centre.se/sv/samverkansprogram/>

Projektets totala resultat presenteras i följande publikationer:

Lönnqvist, T., Hansson, J., Klintbom, P., Furusjö, E. and Holmgren, K. (2021) *Drop-in the tank or a new tank?* Publ. No FDOS 17:2021. Available at <https://f3centre.se/en/renewable-transportation-fuels-and-systems/>

Drop-in the Tank or a New tank? - a Comparison of Costs and GHG Performance for Forest-based Biofuels. Presentation and poster at EUBCE 2021, 29th European Biomass Conference & Exhibition. April 26th 2021, 17.30-18.30 CEST. Available at <https://virtual.eubce.com/meetings/virtual/Epy9rdBfuSL5LbR3b> (Sign-in required).

VÄGVAL FÖR FRAMTIDENS TRANSPORTSYSTEM

Biodrivmedel är viktiga för att minska klimatförändringen och utsläppen från transportsektorn. Men vilken roll kan de olika biodrivmedlen spela i framtidens transportsystem?

Det finns två möjliga strategier för Sverige. Antingen blandar vi in biodrivmedel i konventionella fossila bränslen, så kallade drop in-bränslen, och utnyttjar den befintliga infrastrukturen, eller så investerar vi i enmolekylära bränslen som metanol, DME eller metan som dock kräver nya fordon och ny distributionsinfrastruktur.

I den här studien har vi jämfört sammanlagt tolv drivmedel producerade från rester från skogsbruket utifrån deras ekonomiska prestanda, klimatprestanda och resurseffektivitet ur ett svenskt perspektiv. Åtta drivmedel i studien är drop-in-bränslen och fyra är enmolekylära bränslen. Jämförelserna i studien har gjorts för kategorierna lastbilar och personbilar. Vi har också gjort en bedömning av teknikmognadsgraden för drivmedlen. En förenklad överblick ges i tabellen på nästa sida. Den visar vilka drivmedel som ingår i studiens jämförelse, hur de är klassificerade (drop-in respektive enmolekylära bränslen) och hur de presterar med avseende på ekonomi, klimat samt resurseffektivitet.



Foto: Unsplash/anirudh

Jämförelse av skogsbiomassabaserade bränsleproduktionsvägarna för lastbilar respektive personbilar. Bedömningen har gjorts i relativ skala (--, -, +, ++) för de inkluderade alternativen, utom för växthusgasprestanda, som bedöms mot hållbarhetskriterier i det uppdaterade direktivet om förnybar energi (med + och ++ förutsatt att en växthusminskningsnivå om minst 65 % nås). Teknisk mognad avser bränsleproduktionen och tar inte hänsyn till fordonsutveckling.

	Total kostnad	Växthusgasprestanda	Resurs-effektivitet	Teknisk mognadsgrad (bränsleproduktion)
LASTBILAR				
<i>Enmolekylära bränslen</i>				
Metanol	++	++	+	+
DME	++	++	+	+
Metan - CBG (ottomotor)	+	++	-	+
Metan - LBG (dieselmotor)	+	++	+	+
Metan - LBG (ottomotor)	+	++	-	+
Etanol från cellulosa (ED95)	+	+	--	++
<i>Drop-in bränslen</i>				
FT-diesel	+	++	-	+
Biooljabaserad diesel från uppgradering av pyrolys och vätebehandling	+	+ / ++	+	-
Biooljabaserad diesel från hydropyrolys	++	+ / ++	+	-
Diesel från förbehandling och uppgradering av lignin	++	+ / ++	++	-
PERSONBILAR				
<i>Enmolekylära bränslen</i>				
Metanol	+	++	+	+
DME	+	++	+	+
Metan - CBG	+	++	+	+
Etanol från cellulosa (E85)	-	+	--	++
<i>Drop-in bränslen</i>				
Förgasningsbaserad bensin (MTG)	+	++	-	+
FT-diesel	-	++	-	+
Biooljabaserad diesel från uppgradering av pyrolys och vätebehandling	-	+ / ++	+	-
Biooljabaserad bensin från uppgradering av pyrolys och vätebehandling	+	+ / ++	+	-
Biooljabaserad diesel från hydropyrolys	+	+ / ++	+	-
Biooljabaserad bensin från hydropyrolys	++	+ / ++	+	-
Diesel från förbehandling och uppgradering av lignin	+	+ / ++	++	-
Bensin från förbehandling och uppgradering av lignin	++	+ / ++	++	-

Jämförelsen av drivmedlen i studien visar att det är svårt att peka ut en tydlig vinnare mellan alternativen. Det påverkar också valet av strategi för omställning i olika delar av transportsektorn. För personbilar går elektrifieringen fort och det kan vara att föredra att satsa på drop-in drivmedel som utnyttjar befintlig infrastruktur och fordonspark. För lastbilar kan däremot en satsning på enmolekylära bränslen vara ett alternativ.

Enmolekylära bränslen kan i vissa fall uppvisa bättre prestanda än drop in-drivmedel när det gäller såväl ekonomi och klimat som resurseffektivitet. Det kan uppväga de initialt högre investeringarna i ny infrastruktur. I denna studie har kostnader för infrastruktur dessutom visat sig utgöra liten del av den totala kostnaden. Detta gäller för samtliga bränslen som analyserats och för både personbilar och lastbilar. Den största kostnaden utgörs av själva fordonet, och drivmedlet utgör den näst största kostnaden.

OLIKA FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR DISTRIBUTION

Kostnaden för distributionsinfrastruktur är visserligen högre för enmolekylära bränslen men kostnaden kompenseras av produktionskostnaderna för DME, metanol och metan som är överlägset lägre än produktionskostnaden för drop-in-bränslen.

Att införa nya tekniker är emellertid alltid förenat med kostnader. Olika marknadshinder måste övervinnas innan teknikerna blivit etablerade alternativ. Dessa aspekter har inte beaktats i vår kostnadsanalys. Men nuvarande situation för infrastruktur och drivmedelsdistribution är en viktig faktor som också kan påverka förutsättningarna för olika alternativ i olika länder.

Bränsleinfrastruktur för DME och metanol är idag något som saknas i Europa. Eftersom personbilar kräver tätare bränsleinfrastruktur jämfört med lastbilar är det troligt att DME eller metanol som drivmedel först skulle appliceras i lastbilar. De flesta av de bränslena i vår studie har antingen ett stort nätverk av tankstationer (bensin, diesel, E85) eller ett delvis etablerat nätverk (CBG, LBG, ED95). Övriga studerade drivmedel har ännu inte infrastruktur på plats. För att tanka lastbilar behövs ett relativt lågt antal tankstationer jämfört med bilar. Ett exempel är det BioDME-projekt där fem tankstationer etablerades för att tillgodose behovet av ett litet antal lastbilar som kör långa sträckor i Sverige¹.

Vid storskalig tillämpning blir bränsleinfrastrukturens del av den totala kostnaden liten, men den kan ändå vara en betydande utmaning i en uppstartsfas, om infrastrukturen inte används fullt ut.

VÄXTHUSGASUTSLÄPPEN MINSKAR MED ALLA STUDERADE ALTERNATIV

Växthusgasprestandan är ganska lika för de olika studerade alternativen. Undantagen är etanol samt diesel och bensin producerat från lignin, som visat sig ha något högre utsläpp än de övriga

¹ Läs mer om projektet på KNEG:s webbplats: <https://kneg.org/biodme/>

bränslena. För såväl MD95 som ED95 bidrar fossilbaserade bränsletillsatser också till något högre växthusgasutsläpp. Detta kan dock mildras antingen genom motorteknik som tål rena alkoholer eller produktion av biobaserade bränsletillsatser.

Gällande potentialen till växthusgasreduktioner finns det vissa osäkerheter beträffande de tekniker som har låg teknikmognadsgrad. Alla bränslealternativ som ingår i studien har en potential att bidra till betydande utsläppsminskningar för både bilar och lastbilar, men osäkerheten är större för de vätebehandlingsbaserade bensin- och dieselalternativen. Variationerna är dock större för dessa drivmedel inom kostnads- och resurseffektivitet än de är för växthusgasreduktionspotentialen.

En hög resurseffektivitet kan innebära lägre kostnader för användarna och mer transportarbete per mängd biomassaråvara för drivmedelsproduktionen. Ur ett resursperspektiv är det betydligt effektivare att använda DME eller metanol än FT-biodiesel. En relevant fråga är då om det är värt att offra 30 % resurseffektivitet för att behålla det befintliga fordonet och infrastrukturen jämfört med att investera i den separata infrastrukturen och produktionsanläggningar för DME och metanol.

En annan aspekt på valet är att marknaden för DME och metanol sannolikt kommer att påverkas av ytterligare faktorer, som utvecklingen av alternativa tekniker (till exempel bränsleceller), och elektrifieringen av fordonsflottan.

När det gäller total resurseffektivitet, (det vill säga resurseffektivitet längs hela kedjan från biomassaråvara till fordonets hjul, presterar drop-in bränslen väl. Två exempel är bensin och diesel producerade från lignin. De följs tätt av de enmolekylära bränslena metanol, DME och metan i form av CBG (för personbilar), och LBG i dieselmotorer (för lastbilar), samt vissa drop-in-bränslen (övriga vätebehandlingsbaserade bensin- och dieselalternativ).

TEKNIKUTVECKLINGEN ÄR BETYDELSEFULL FÖR STUDIENS UPPSKATTNINGAR

För personbilar uppvisar drop-in-bränslen som bensin baserat på lignin samt bensin baserat på hydropyrolys den lägsta kostnaden. Lägre fordonskostnader bidrar generellt till att bensinalternativ rankas bättre än dieselalternativ, trots att dessa har liknande bränslekostnader.

För lastbilar uppvisar metanol och DME (enmolekylära bränslen) samt diesel baserat på förbehandling och uppgradering av lignin och diesel baserat på hydropyrolys (drop in-bränslen) de lägsta kostnaderna.

Olika typer av bensin finns med som alternativ för personbilar med ottomotorer. Bensin baserat på lignin samt bensin baserat på hydropyrolys visar sig vara lovande alternativ för såväl ekonomi, klimat samt resurseffektivitet, förutsatt att man antar bästa växthusgasprestanda inom det intervall som erhållits i vår analys. Dock är den tekniska mognadsgraden låg för dessa tekniker, vilket innebär att kostnadsuppskattningarna blir osäkra. För de ligninbaserade processerna finns en osäkerhet också gällande växthusgasprestandan eftersom den beror på den slutliga processdesignen och integreringen i raffinaderier.

Nästan lika bra som toppalternativen för personbilar presterar på de tre bedömningskriterierna, är de enmolekylära bränslena metanol, DME och metan (CBG), samt drop in-bränslena bensin baserat på pyrolys och vätebehandling och diesel baserad på de tre spåren med vätebehandling.

Kostnadsskillnaderna mellan alternativen är relativt små men på grund av den låga tekniskmognaden för vissa av drop-in-alternativen bör kostnadsuppskattningarna för dem betraktas som något mer osäkra. E85 och två av elektrobränslena är de enda alternativen med relativt hög tekniskmognadsnivå.

För lastbilar finns flera alternativ som presterar väl på de tre bedömningskriterierna ekonomi, klimat och resurseffektivitet; dels de enmolekylära bränslena metanol och DME, dels drop in-bränslena diesel från lignin och diesel från hydropyrolys. Efter dem följer flytande metan (LBG) i dieselmotorer (enmolekylärt bränsle) och biooljabaserad diesel från uppgradering av pyrolys och vätebehandling (drop-in bränsle). Dock bör man för de biooljabaserade drivmedel beakta den låga tekniskmognaden och osäkerheterna för bland annat växthusgasprestanda som detta innebär.

MARKNAD, TEKNIK OCH POLITIK I SAMVERKAN

Drivmedel som ännu inte finns på marknaden kommer att möta hinder för att nå de volymer där skalfördelarna uppnås (och därmed de kostnader som uppskattas i denna studie). Den nuvarande tekniska mognadsgraden, en nyckelaspekt för denna analys, indikerar också i viss grad osäkerheterna när det gäller kostnadsberäkningar och växthusgasprestanda. Lägre teknisk mognadsgrad för till exempel de vätebehandlingsbaserade bensin- och dieselalternativen innebär mer osäkra uppskattningar.

Den framtida globala användningen kommer också att påverka förutsättningarna för olika alternativ i Sverige. Detta gäller särskilt för DME och metanol som inte används i någon större utsträckning på EU-marknaden. Eftersom fordons- och bränsleproduktionen behöver synkroniseras i tid uppstår en *hönan och ägget*-problematik; det ena är en förutsättning för det andra. Det är troligtvis svårt att införa dessa bränslen utan en samordnad marknadssatsning från flera användningssektorer i olika länder samtidigt. För att ett bränsle ska introduceras på världsmarknaden behöver också olika typer av standarder införas.

Slutligen, vilken strategi som är bäst för Sverige beror också på ett antal faktorer som inte ingått i denna studie, men som behöver inkluderas i framtida arbete. Valet av en ny tank (enmolekylära bränslen) eller drop-in bränslen kan bero på tidsram, sociotekniska aspekter som nuvarande marknadssituation och aktörer, den tekniska utvecklingen av biobränslena (särskilt de med för närvarande låg tekniskmognadsgrad) och utveckling av andra alternativ som elfordon och bränslecellsdrivna fordon. Dessutom påverkas valet på samhällsnivå av vilka val som olika industrier gör, eftersom ett nytt bränsle, oavsett dess ekonomiska prestanda, klimatpåverkan och resurseffektivitet, kräver ett samarbete mellan bränsleproducenter, bränsledistributörer, fordonstillverkare och beslutsfattare.

ENGLISH SUMMARY

Biofuels may play an important role to mitigate climate change and reduce emissions from the transport sector. There is however an uncertainty regarding what role different biofuels may have in the future transportation system. Different pathways include different fuels which may require different vehicles and infrastructure.

Sweden may choose different strategies based on drop-in fuels possible to blend in conventional fossil transport fuels, or single molecule fuels that require adapted vehicles and refueling infrastructure (a new tank), implying additional investments.

In this study, the analyzed single molecule fuels are ethanol, DME, methane, and methanol. The analyzed drop-in fuels are gasification-based gasoline, FT-diesel, diesel and gasoline from lignin pre-treatment and upgrading, diesel and gasoline from pyrolysis and hydrotreatment upgrading, bio oil-based diesel, and gasoline from hydrolysis.

Drop-in fuels have the obvious advantage of being able to use existing vehicles and infrastructure. This may be an advantage in the short to medium term and should be evaluated together with possibly lower resource efficiency and economic performance.

Single molecule fuels may however have a higher resource efficiency and better overall economic performance, which may justify investments in new vehicles and infrastructure. Methane and ethanol have the advantage of semi-established infrastructure in Sweden, also including available vehicles serving a limited vehicle fleet. Distribution infrastructure for DME or methanol would have to be built up basically from scratch and adapted vehicle production needs to be initiated.

No clear winner in terms of drop-in versus single molecule fuels has been identified. Although, some advantages associated with different fuels and can be seen. These advantages also vary between cars and trucks.

For cars we find that drop-in fuels in the form of gasoline based on lignin and hydrolysis perform well on all three included assessment aspects: total cost, climate performance and resource efficiency. However, the technology readiness level (TRL) for gasoline based on lignin or hydrolysis is currently low, implying somewhat larger uncertainties in the cost estimates. Furthermore, GHG performance is uncertain for the lignin-based processes and the other hydrotreatment-based biofuels and depends on the final process set-up.

Considering the three assessment criteria, single molecule fuels in the form of methanol, DME, methane and drop-in fuels in the form of gasoline based on fast pyrolysis as well as diesel based on all three hydrotreatment upgrading tracks perform fairly well. Ethanol (E85) currently has the highest TRL among the evaluated fuels for cars but its overall performance is lower compared to the other fuels.

For trucks we find that single molecule fuels in the form of methanol, DME, and drop-in fuels in the form of diesel based on lignin pre-treatment and upgrading and based on hydrolysis turns perform well on all three included assessment aspects. Other interesting fuel alternatives for trucks are LBG in diesel engines (single molecule fuel) and diesel based on fast pyrolysis and

hydrotreatment upgrading (drop-in fuels). Similar as for cars, the GHG performance of the hydrotreatment-based fuel pathways are uncertain, which is partly due to the relatively low TRL. This may also indicate more uncertain cost estimates for these fuels. The uncertainty may also affect the actual GHG performance.

The vehicle cost is always higher than cost for fuel production. For both cars and trucks, the distribution and infrastructure related costs are small in comparison to the costs for vehicles and fuels. The cost for refueling infrastructure is higher for single molecule fuels than drop-in fuels. However, the cost is by far compensated by the lower production cost for DME, methanol and methane as compared to the production cost of the drop-in fuels.

Based on the study, it is not possible to clearly state which of the category pathways – drop-in or single molecule fuels – is the preferred strategy for Sweden. However, the assessment highlights which drop-in and single molecule fuels that are the most promising in terms of total cost, GHG performance and resource efficiency. This study shows that there are several biofuel options with good climate and economic performance from forest biomass.

The choice of a new tank (for single molecule fuels) or drop-in fuels also depends on other aspects that have not been evaluated in this study, such as time perspective, socio-technical aspects (e.g. current market situation and the technology development of the included biofuels, in particular those with currently low TRL), and the development of other alternatives such as electric and fuel cell-powered vehicles. Also, the future is formed by the investment choices made by industries. A new fuel, however superior its performance, requires a collaboration between fuel producers, fuel distributors, vehicle manufacturers, and policy makers.

