

Executive summary

BIODRIVMEDEL FRÅN SNABBVÄXANDE LÖVTRÄD

En syntesstudie från råvara till drivmedel

April 2022

Henrik Böhlenius

Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap

Per-Ove Persson,
Persson f.N.B. AB

Marcus Öhman, Thomas Hannl och Fredrik Granberg

Luleå tekniska universitet (LTU) Institutionen för teknikvetenskap och matematik

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 50468-1. 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:

Böhlenius, H. *et al* (2022) *Biodrivmedel från snabbväxande lövträd. En syntesstudie från råvara till drivmedel (Executive summary)*. Publ. nr FDOS 37:2022. Tillgänglig på <https://f3centre.se/sv/samverkansprogram/>

Projektets totala resultat presenteras i följande publikationer:

Böhlenius, H. *et al* (2022) *Biodrivmedel från snabbväxande lövträd. En syntesstudie från råvara till drivmedel*. Publ. nr FDOS 36:2022. Tillgänglig på <https://f3centre.se/sv/samverkansprogram/>

MER SVENSKPRODUCERADE BIODRIVMEDEL MED FÖRÄNDRAD MARKANVÄNDNING

Transportsektorn kommer även i framtiden att behöva kolbaserade drivmedel, trots de breda och stora satsningarna som gjorts med elektrifiering. Idag är det kolet i drivmedlen till största delen fossilt, vilket inte är hållbart med tanke på klimatmålen för transportsektorn som innebär att utsläppen från inrikes transporter ska minska med 70 % mellan åren 2010 och 2030. Senast 2045 ska Sverige inte ha några nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären och därefter ska vi uppnå negativa utsläpp.

Ett medel för att uppnå målen är reduktionsplikten. Den ska öka inblandning av fossilfria bränslen i befintliga fossila drivmedel markant fram till 2030. Enligt scenarier från Energimyndigheten behövs mellan 35–50 TWh biodrivmedel/år (flyget undantaget) beroende på utvecklingen av reduktionsplikten, men också av elektrifieringen av fordonsflottan. Oavsett kommer efterfrågan på biodrivmedel att öka.

Idag importerar vi merparten av de biodrivmedel som driver ca 20 % av vägtransporterna. Genom att förändra eller förbättra användningen av viss skogs- och åkermark skulle det skapas förutsättningar för en ökad inhemsk produktion av biodrivmedel från snabbväxande cellulosahaltiga lövträd. Odling av snabbväxande lövträd kan dessutom vara det första steget till ett system som kombinerar bio-ccs, dvs. koldioxidinfångning och -lagring i biomassa, med drivmedelsproduktion.

MÖJLIGHETERNA MED POPPEL

Vi har studerat hur poppel som snabbväxande lövträd kan bidra i denna omställning. Vilka är poppelodlingens produktionsmöjligheter som bas för produktion av biodrivmedel? Var växer poppeln bäst och mest? Vad kostar en storskalig produktion av poppelbiomassa? Vilken är hybridpoppels potential och ekonomi för produktion av drivmedel via termokemiska processer och vilka nedströms processer/tekniker för omvandling till biodrivmedel kan identifieras?

Utifrån svaren på dessa frågor utvärderade vi produktionspotential och produktionsekonomi samt en geografiskt lämplig lokalisering av processindustri med hänsyn till möjliga produktionsområden för poppel.

HUR MYCKET BIOMASSA KAN SVENSKA POPPELODLINGAR GE?

Vid odling av poppel är marker som har högt näringsinnehåll att föredra, vilket inkluderar åkermarker och näringsrika skogsmarker, de senare ofta med en tidigare historia som åkermark. Biomassan som produceras kommer främst vara stamved vilket är en skillnad jämfört med energiodlingar med salix.

För skörd och skötsel av poppelodlingar kan befintlig maskinpark användas och odlingssystemet kan integreras direkt med dagens skogsbruksmetoder. Det gör att även små arealer och mark med sämre arrondering (enskilda skiftens form, storlek och läge i förhållande till varandra) kan planteras och bidra med biomassaproduktionen.

För att summera produktionskapaciteten har vi gjort en litteraturgenomgång som inkluderat vetenskapliga publiceringar, rapporter och studentarbeten. Summeringen förutsatte att bestånden skulle vara av känt genetisk planteringsmaterial (OP42)¹, liknande ålder och ha ungefär samma antal stammar i planteringarna (omkring 1000 träd per hektar).



För norra Sverige är bara det grå området inkluderat



Produktion	Södra Sverige	Norra Sverige
Åkermark	8,4	6
Skogsmark	6	ej känt

Produktionen visas som ton torrs substans per år (ton TS per år)

Produktionskapacitet från poppelodlingar i Sverige, redovisad som medeltillväxt under de första 20 åren. Det grå området indikerar avgränsningen för biomassaproduktionen i den här studien. För skogsmarken i norra Sverige är poppelproduktionen osäker men kan uppskattas till ca 4,5 ton TS per hektar och år.

Figuren på förra sidan redovisar de kartlagda poppelodlingarnas årliga produktion i ton torrs substans (TS) per hektar under olika förutsättningar. Den grova indelningen av södra och norra Sverige är

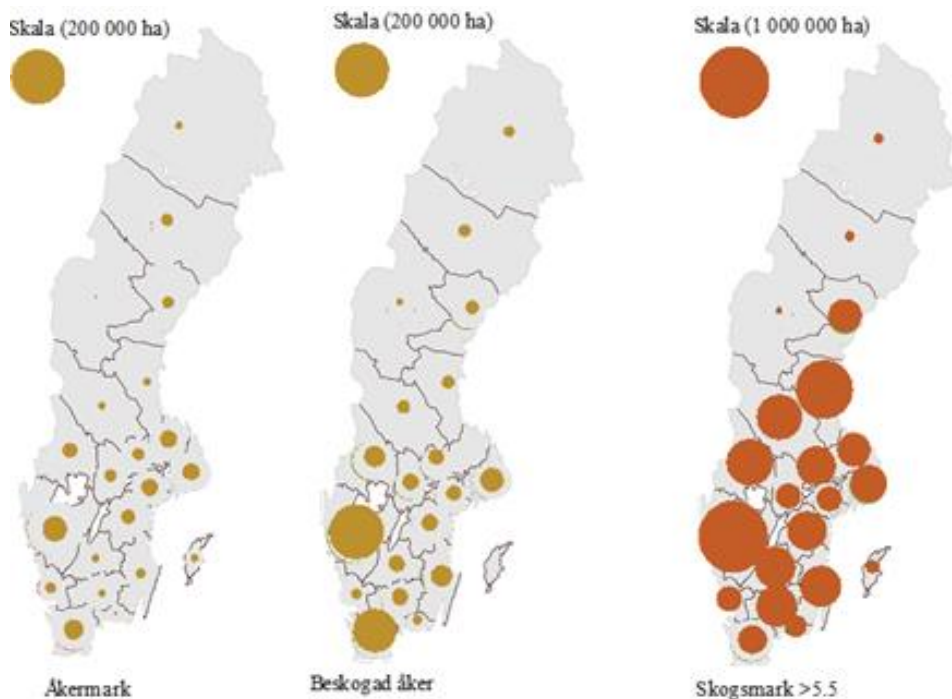
¹ OP 42 heter den vanligaste klonen av hybridpoppel som används i Sverige.

gjord utifrån att produktionen ligger på ungefär samma nivå mellan Uppsala och Skåne. För åkermark i norra Sverige föreligger en trolig underskattning eftersom antalet produktionsmätningar är få och planteringarna fortfarande är unga. Ju äldre en plantering blir, desto högre blir medelproduktionen eftersom stora träd producerar högre volymtillväxt än små. Samma sak gäller för skogsmarken i södra Sverige, vilket främst avser plantering på idag beskogad åkermark (åker som planterats med en generation skog).

VAR FINNS DE TILLGÄNGLIGA AREALERNA?

Tillgängliga arealer för poppelodling bör befinna sig inom odlingszonerna 1–6, alternativt ha en vegetationsperiod om minst 150 dygn, samt ha pH >5 (nuvarande svenskt plantmaterial är känsligt för lågt pH). Sedan kan poppel utnyttja goda växtbetingelser så åkermark och bördig skogsmark kan vara aktuella arealer för poppelplantering.

I Sverige finns drygt 470 000 hektar åkermark samt knappt 8,3 miljoner hektar skogsmark som skulle kunna vara aktuella beroende på lönsamhet och marknaden för poppelbiomassa. Av dessa totalarealer beräknas ca 25 % av åkermarken, ca 118 000 hektar, och omkring 5 % av skogsmarken, ca 414 000 hektar inom odlingszon 1–6, vara tillgängliga. Dessa arealer återfinns främst i södra Sverige, vilket visas i figuren nedan, och produktionspotentialen på dem beräknas till ungefär 2,7 miljoner ton TS per år.



Geografisk fördelning för möjliga odlingsarealer för snabbväxande lövträd. Notera att det är olika skalor på kartorna. Arealer som visas är den totala arealen.

VAD KOSTAR BIOMASSA FRÅN POPPEL INDUSTRIIN?

Poppelodlingens lönsamhet beror på flera faktorer: industrins betalningsförmåga, transportkostnad till industri, skördekostnad, skötsel- och etableringskostnaden för poppelodlingen och därtill hörande kapitalkostnader, till exempel ränta. Skörd, skotning och transportkostnader följer det konventionella skogsbrukets kostnader och utveckling.

I kalkylerna är grundpriset för poppelbiomassaråvara satt till 200 SEK/MWh levererat till industri och att biomassan hanteras som rundved. Tabellen nedan visar markersättning (arrende) i SEK per hektar och år för olika prisnivåer per MWh.

Känslighetsanalys, SEK per MWh för biomassa levererad till industri från olika marktyper, omloppstider i södra respektive norra Sverige för att ge markersättning (arrende) per hektar och år i fem olika nivåer 500, 1000, 1500, 2000 respektive 2500 SEK per hektar och år.

Lokalisering och marktyp för poppelodlingar		Omloppstid	SEK/MWh för fem olika nivåer på markersättning				
Södra Sverige	Jordbruksmark	30 år	175	189	203	217	232
		20 år	194	208	222	236	251
	Skogsmark	30 år	201	214	227	241	254
		20 år	235	255	275	295	315
Norra Sverige	Jordbruksmark	30 år	193	212	231	250	269
		20 år	219	238	257	276	294
	Skogsmark	30 år	226	243	261	278	296
		20 år	273	299	325	352	378
Markersättning per hektar och år			500 SEK	1000 SEK	1500 SEK	2000 SEK	2500 SEK

Den stora skillnaden mot konventionell granplantering är den högre etableringskostnaden, där framför allt kostnaderna för planter, plantering och plantbehandling sticker ut. Kostnaden för planter och plantering bör kunna reduceras kraftigt och närma sig kostnaden för granplantering vilket som mest reducerar kostnaden med motsvarande ca 6-7 SEK/MWh.

Plantbehandling för att förebygga viltskador samt markbehandling för att förebygga sorkskador och ogräskonkurrens är mycket viktiga men också platsspecifika. Därför blir det också svårt att uppskatta den exakta kostnaden för dessa åtgärder.

En fördel med poppelodling är att generation två växer till spontant via stubb- och/eller rotskott, generellt utvecklas snabbare och därför kan skördas tidigare. En nackdel är att bestånden blir täta, samtidigt som självgallring (att skott dör) är omfattande. Men etableringskostnaderna för följande generationer försvinner, vilket kan motsvara upp till ca 70 kr per MWh. Det finns bara bristfälligt kunskapsunderlag om hantering av andra generationen, men troligtvis kommer andra kostnader, till exempel för skörd, att öka.

En generell slutsats från vår studie är att den initiala investeringen för att börja använda poppel som biomassaråvara i industrin kan vara stor, men att produktionen från poppel generellt sett är lönsam vid en prisnivå på omkring 200 SEK/MWh. Markersättningen stiger snabbt vid ganska marginella prisökningar per MWh (se tabell).

VILKA ÄR POPPELNS EGENSKAPER SOM DRIVMEDELSRÅVARA VIA FÖRGASNING?

För att kunna beskriva hur poppel fungerar som råvara för drivmedelsframställning via förgasning har vi analyserat bränsleegenskaperna för tolvårig och 30-årig poppel. Analyserna visar att sammansättningen av den brännbara substansen hos poppel från äldre bestånd liknar sammansättningen hos traditionell barrstamved. Troligen finns det då stora likheter mellan de jämförda substansernas bränsleomvandlingsbeteende.

Vad gäller poppels askhalt och innehåll av askbildande element liknar den traditionella trädbränslen där stamvedsfraktionen har låga halter och grot- och barkfraktionerna har signifikant högre halter. Kiselhalterna hos poppel är dock betydligt lägre än hos traditionella skogsbränslen och salix, något som bör utvärderas närmare eftersom askans beteende i förgasnings- eller förbränningsprocesser kan ge upphov till askrelaterade driftsproblem. Ur ett bränsleperspektiv är poppel därmed ganska likvärdig rundved från gran, och bedöms ur ett rent förgasningstekniskt perspektiv ha en potential att vara enklare att förgasa än dagens grot eller salix. Förgasning skulle enligt vår råvaruanalys vara ett möjligt processkoncept för biodrivmedelsframställning från poppelbiomassa. Det finns egenskaper som poppelbiomassa delar med traditionell barrved men också egenskaper som behöver utredas mer.



Avverkning av 30 år gammal poppel som analyserats som råvara till drivmedel. Observera att den mörka centrumveden på bilden inte är röta.

VAR SKA ETT BIORAFFINADERI LIGGA?

Avgörande för en biodrivmedelsanläggnings lönsamhet och placering är tillgången på tillräcklig mängd rätt typ av bioråvara till ett acceptabelt pris. Enligt våra resultat visar de flesta län i södra och mellersta Sverige upp en råvarupotential på minst 160 000 ton TS per år. Flera av länen, till exempel Skåne och Östergötland, har betydligt högre råvarupotential och skulle kunna lokalisera ett bioraffinaderi vid gynnsamma platser. Västra Götaland är den region som visar störst produktionspotential av poppelbiomassa, både från odlingar på jordbruksmark och skogsmark. Ett bioraffinaderi med lokalisering i Vänersborg skulle omges av arealer som kan erbjuda totalt ca 510 000 ton TS biomassa/år. Här finns även möjlighet till resurseffektiva transporter av biomassa från exempelvis Värmland. En ytterligare fördel med lokalisering i västra Sverige är att om ett bioraffinaderi tar fram en produkt som behöver uppgraderas finns det på västkusten flera befintliga oljeraffinaderier med möjlighet att göra detta.

Studien indikerar att det på ett flertal platser finns möjlighet att anlägga biodrivmedelsanläggningar som förbrukar 240 000-443 000 ton TS poppel/år. Enligt våra beräkningar (exkl. energi för upparbetning till slutliga produkter) skulle en anläggning om 443 000 ton TS poppel/år teoretiskt kunna bidra med i storleksordningen 1,3 TWh Fischer Tropsch-produkter (bensin, jetbränsle och marin diesel) eller 1,5 TWh metanol eller 1,2 TWh bensin framställt med MTG-teknik (eng. *Methanol to Gasoline*). Totalt skulle det i Sverige finnas underlag för ca 20 anläggningar som förbrukar 160 000 ton TS per år.

Kolförlusterna i form av koldioxid vid processandet av biomassa till produkter för de utvärderade processkoncepten är ca 50 %. Den kan minskas genom att till processen tillföra extra vätgas vilket då även ökar mängden produkter. Fullt nyttjat skulle tillförd vätgas kunna minimera kolförlusten och mer än fördubbla produktmängderna från samma mängd biomassa. Den tillförda vätgasen skulle kunna produceras via elektrolys av vatten med förnybar el. Det krävs dock stora mängder el och vi har inte inom ramen för denna studie beräknat hur detta påverkar systemet.

VAD BLIR DET FÖR PRIS?

De drivmedelsproduktionspriser som vi räknat fram ligger väl i linje med beräkningar i tidigare studier. Produktionsprisintervallet för de olika produkterna är 0,64-1,31 SEK/KWh och beror på variationer i valda grundläggande data som anläggningsstorlek, råvarukostnad, bidragsandel för investeringen, samt med eller utan inkomster från Bio-CCS. Metanol har enligt beräkningarna den lägsta produktionskostnaden. Biobensin via MTG och FT-produkter har likvärdiga produktionskostnader men där FT har högsta kostnaden. Till dessa produktionskostnader tillkommer för MTG-bensin och FT-produkterna en ytterligare kostnad för upparbetning till en färdig produkt som kan säljas vid pump.

De beräknade produktionskostnaderna kan jämföras med marknadspriset den 1 januari 2022 (Preem & Circle K) för diesel och HVO 100 på ca 2,07 respektive 2,55 SEK/KWh ex. moms vid pump. Marknadspriset för HVO kan jämföras med beräknade produktionskostnader för FT-produkter som kan upparbetas till motsvarande HVO-diesel. I jämförelsen saknas dock kostnaden för upparbetning till färdig produkt, transporter och infrastrukturkostnader, handelsmarginaler och skatter.

Grova beräkningar med gjorda antaganden visar att införandet av ett Bio-CCS-system med intäkt för infångning och lagring av koldioxid, avsevärt skulle förbättra lönsamheten. En djupare och mer detaljerad analys av hur ett Bio-CCS system påverkar produktpriset bedöms som mycket intressant.

ENGLISH SUMMARY

Poplar is a fast-growing tree species with a large biomass production potential in Sweden that could function as a raw material for domestic biofuel production. On agricultural land, yearly production is about 8.4 ton dry substance (DS) per hectare for southern and central Sweden. Yearly production in northern Sweden (excl. climate zones 7 and 8) is about 6 ton DS per hectare.

Approximately 478,000 hectares of agricultural land (excl. land used for food production) and 8,300,000 fertile forest land could be used for poplar plantation. 25% of the agricultural land and 5% of the fertile forest land are considered available, presenting an estimated production potential of approximately 3,230,000 ton DS per year.

The profitability of poplar cultivation depends on the industry's ability to pay, costs for transport, harvesting, maintenance and cultivation establishment, and associated capital costs, e.g. interest.

An analysis of the chemical properties of poplar shows many similarities (e.g. heating value and carbon, hydrogen and oxygen content) with those of traditional soft or stemwood/sawdust. Thus, poplar probably has similar fuel conversion behavior for the combustible substance. Our results point to gasification as a possible process concept for producing biofuels from poplar biomass.

The optimal localizations for a biorefinery that utilises poplar biomass are found in southern Sweden where many counties have the potential to produce yearly amounts of between 160,000-510,000 ton DS poplar. Vänersborg in Västra Götaland demonstrates a good location with areas in close proximity that could supply a biorefinery with 510,000 tons of poplar DM per year. It would also benefit from nearby oil refineries to upgrade its products.

According to our calculations, excluding energy for final upgrading of products, a large plant utilizing 443,000 ton DS poplar per year could contribute with approximately 1.3 TWh FT products (petrol, jet fuel, marine diesel), 1.5 TWh methanol or 1.2 TWh gasoline (MTG).

About 50% of the biomass carbon is lost as CO₂ in the studied production processes. Adding hydrogen would allow for almost full conversion of the biomass carbon to products, more than doubling the amount of biofuels from the same amount of biomass. However, this will require large amounts of renewable power for hydrogen production via water electrolysis.

The fuel production prices calculated vary between 0.64-1.31 SEK/KWh. Variation is due to selected basic data such as plant size, raw material cost, contribution share for the investment, and whether or not income from Bio-CCS is included. According to calculations, methanol has the lowest production cost. Bio gasoline via MTG and FT products have equivalent production costs, but FT has the highest cost. In addition to production costs for MTG petrol and FT products, there is a cost for upgrading into a finished product that can be sold at the pump. The estimated production costs can be compared with the market price on 1 January 2022 (Preem & Circle K) for diesel – 2.07 SEK/KWh – and HVO 100 - 2.55 SEK/KWh excl. VAT at pump. The market price for HVO can be compared with estimated production costs for FT products that can be processed into the corresponding HVO diesel. For a correct comparison, the FT production cost must however be supplemented with costs for upgrading to final product, transport and infrastructure costs, trading margins and taxes.



Persson f.N.B. AB