

Perspektiv på utveckling av fossilfria fordon och mobila arbetsmaskiner i skogens värdekedja



Skördare (foto: Rottne Industri)

Tunga fordon 2025

Perspektiv på utveckling av fossilfria fordon och mobila arbetsmaskiner i skogens värdekedja

Författare

K-G Rundberg	ATA Timber
Thorbjörn Bennesved	Bennesveds Åkeri
Per-Olof Bergqvist	Dasa Control Systems
Thomas Palmgren	Dasa Control Systems
Kim Larsson	Etteplan
Stefan Hultqvist	Kalmar Solutions
Niclas Samuelsson	Kalmar Solutions
Robert Eriksson	Knightec Group
Anders Sjöstrand	Konecranes Lifttrucks
Jon Eriksen	Kunnskapsbyen Lillestrøm
Tobias Johansson	Rottne Industri
Anders Johansson	SP Maskiner
Emma Supponen	Södra
Jan Svensson	Södra
Peter Leisner	Tunga fordon/Tekniska Högskolan i Jönköping
Karin Nilsson	Tunga fordon/RISE
Fredrik Nilsson	VIDA
Pelle Ström	VIDA
Thomas Davidsson	Volvo Construction Equipment
Peter Holmberg	Volvo Construction Equipment
Niklas Nillroth	Volvo Construction Equipment

Tunga fordon, Växjö 2025-05-18

Bakgrund

Transporter står för 30% av Sveriges totala utsläpp av växthusgaser [1]. Av detta stammar 93% från vägtransporter och då har utsläppen från transporter mellan 2007 och 2017 minskat från 21 till 16 miljoner ton CO₂e. Minskningen beror främst på minskade utsläpp från personbilar. Som en konsekvens av detta står tunga fordon och arbetsmaskiner för en allt större andel av transportsektorns utsläpp. Enbart arbetsmaskiner ansvarar för 7% av Sveriges totala utsläpp.

Liknande tal gäller för Norge. I 2020 var utsläppen från transporter 15,6 miljoner ton CO₂e [2], och stod därmed för 32% av klimatutsläppen på norskt territorium. Denna andel har varit stabil de senaste åren, även efter coronapandemin. Elfordon och biodrivmedel har minskat utsläppen. Störst var utsläppen från vägtrafik (54% av totalutsläppen från transportsektorn motsvarande 8,4 miljoner CO₂e) och inrikes sjöfart/fiskebåtar (24% motsvarande 3,7 miljoner ton CO₂e), med arbetsmaskiner (anläggsmaskiner, traktorer och andra dieseldrivna motorredskap) på en obestridd tredjeplats (15% motsvarande 2,4 miljoner ton CO₂e). Jämfört med till exempel inrikes luftfart (5% motsvarande 0,8 miljoner ton CO₂e) utgör därför arbetsmaskiner en betydande andel av de norska klimatutsläppen.

Skogsnäringen producerar varor till ett förädlingsvärde motsvarande nästan 3% av Sveriges BNP (i 2022) [3]. Även om skogsnäringen är en grön bransch som producerar biobaserade produkter och substituerar material med stort CO₂-avtryck, har skogsnäringen egna fossila utsläpp om 4 miljoner ton CO₂e/år (i 2017) vilket motsvarar 7% av Sveriges totala utsläpp [4]. Merparten av detta förorsakas av transporter.

Årligen fraktas 442 miljoner ton gods med lastbil i Sverige [5]. Av detta är 80 miljoner ton skogsprodukter (18%). Motsvarande siffror för järnvägstransport är totalt 68 miljoner ton varav 17 miljoner ton (25%) är skogsprodukter.

Det samlade klimatutsläppet i Norge från tillverkning av 8,4 miljoner m³ timmer till industriella ändamål var på 150 000 ton CO₂e (i 2010) eller 17,85 kg CO₂e/m³ tillverkat timmer levererat från sågverk/fabrik [6]. Transport med lastbil bidrog mest till det samlade utsläppet (nästan 50%) följt av slutavverkning (32%) och gallring (9%).

I Sverige är Skogsindustriernas mål är att alla produkter skall vara fossilfria per 2040 räknat genom hela värdekedjan [7]. Då skogsnäringen är Sveriges största inköpare av transporter skall detta ske genom:

- Förnybara drivmedel
- Elektrifiering
- Ökat transport på järnväg
- Ökat transporteffektivitet

Viktiga förutsättningar för att nå målet blir därmed:

- Tillgång till biodrivmedel till konkurrenskraftiga priser
- Ett fossilfritt elsystem med tillräcklig kapacitet
- Fortsatt utveckling av elektrifierade tunga lastbilar och arbetsmaskiner.

I Norge sker transporten främst med timmerbil, antingen som direkt transport helt fram till grinden för förädlingstället eller som deltransport från skog till terminal för järnväg och båt. Både med avsikt på miljö och kostnader ligger det en vinst i att öka andelen transporter med järnväg och båt [8]. Skogkurs jobbar med en kostnads- och emissionskalkyl för timmerbilar och -tåg som väntas klar i juni detta år.

Syftet med denna studie är att möjliggöra och åskådliggöra en fossilfri värdekedja inom skogsnäringen genom en kartläggning av nuläge för ingående fordon för transport och ingående mobila maskiner i värdekedjan för skogsråvara. Detta täcker aktiviteter i skogen, inom förädling, transport på väg samt utgående logistik. Studien baseras på fordon och mobila arbetsmaskiner i den svenska skogens värdekedjan, men anses vara lika relevant för den norska värdekedjan.

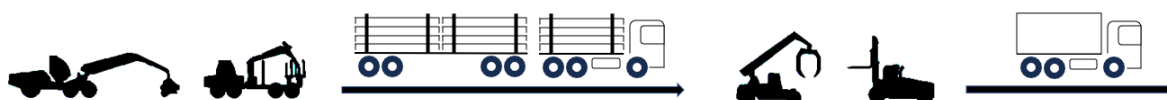
Det finns behov av att beskriva värdekedjan avseende fordon/arbetsmaskiner och nödvändig infrastruktur för att identifiera behov av effektiva, hållbara logistikflöden, tekniklösningar och affärsmodeller.

Studien har avgränsats till mobila maskiner och fordon samt fordonsnära infrastruktur. Stationära maskiner i exempelvis träförädling ingår inte. Studien skall ge förslag på fortsatt fördjupande arbete.

Utförande

Under ledning av industriföreningen Tunga fordon [9] har en större arbetsgrupp representerande olika aktörer i skogens värdekedja utfört närvarande studie. Studien har gjorts dels i form av workshops med hela arbetsgruppen, dels genom fyra mindre arbetsgrupper som har fokuserat på var sitt delområde inom kedjan:

- Arbete i skog
- Vägtransport från skog till förädlingsställe
- Förädling
- Utgående logistik efter förädling



Under perioden 2023-01-17 till 2023-10-18 har grupparbeten genomförts. Därefter har materialet bearbetats och skickat på remiss till samtliga deltagare (se författarlistan) för slutligen resultera i närvarande rapport.

Studien bakom närvarande rapport har presenterats och diskuterats inom Interreg-projektet Cleancon II (Clean Construction Machinery), vilket har tillfört rapporten ytterligare innehåll. Rapporten publiceras genom Cleancon II.

Cleancon II har som mål att bidra till en väsentlig reduktion av utsläppen. Projektet skall fungera som en katalysator genom att sätta reell fart på omställningen av arbetsmaskinbranschen i ØKS-regionen (Öresund-Kattegatt-Skagerak).

Genom samverkan i värdekedjan, demoprojekt, framtagning av verktyg och modeller skall Cleancon II accelerera utvecklingen av lösningar som möjliggör emissionsfria bygg- och anläggningssiter för att långsiktigt säkerställa användning av förnybar energi och utsläppsfria arbetsmaskiner. Detta minskar utsläppen av växthusgaser från drift av maskiner och utrustning.

Cleancon II mobiliserar den kraft som marknadens beställare utgör för teknikutvecklingen och vidareutvecklar metoder för uppföljning och säkerställande av efterlevnad på upphandlingars krav på emissionsfria maskiner och entreprenader.

Projektaktiviteter och -resultat uppdateras löpande på projektets hemsida www.cleancon.no [10].

Av de organisationer som medverkat i framtagning av denna rapport är Volvo Construction Equipment, RISE, Tekniska Högskolan i Jönköping och Kunnskapsbyen Lillestrøm projektpartner i Cleancon II, medan industriföreningen Tunga fordon är associerat projektpartner representerande Dasa Control Systems, Etteplan, Kalmar Solutions, Knightec Group, Konecranes Lifttrucks, Rottne Industri och SP Maskiner.

Skog



Avgränsningar

Markberedning och transporter av maskiner mellan siter inkluderas. Plantering är ett frågetecken i dagsläget, men detta sker med samma spridning i tid och rymd som slutavverkning, dock oftast med mindre maskiner. Likaså gäller för etablering av skogsbilväg. Detta sker dock med större maskiner och fordon. Transporter till/från skogen samt handhållna maskiner/verktyg inkluderas ej.

Teknik

HVO representerar teknik och bränsle som finns här och nu. Givet tillgång/försörjning går det att direkt sänka CO₂-utsläppen i drivningsarbetet genom att använda HVO.

Elektrifiering är inget realistiskt scenario för skogen inom tidsrymden fram till 2035. Först måste alla andra segment/applikationer/industrier få uppfyllt sina utvecklings-/etableringsbehov. Därefter kan skogen komma i beaktning.

Initiativen inom Skog bör arbetas med i två spår:

- Befintlig teknik och med fokus på utbildning/planering/logistik

Bättre planering och logistik etc kan kapa utsläpp utan någon som helst ny teknik! Hur många gånger ska vi till samma skog, antal gallringar. Arbetet utförs effektivare med rätt maskin för rätt applikation/arbete (alltså inga "multi-maskiner"). Större lastbilar/-transporter ökar också effektiviteten, men skapar behov av starkare vägar. En viktig fråga är hur mycket HVO som skulle krävas/behövas till de "skogliga maskinerna" per år?

- Ny teknik och fokus på energi-/miljösmartare maskiner.

Hybridisering tror vi är en klart framkomlig väg för en miljösmartare maskin. En idé skulle kunna vara en HVO-driven generator som laddar batterier till flera maskiner i skogen. Vätgas i bränslecell-konfiguration kan räknas som ett framkomligt initiativ likväl som bränsle för förbränningsmotor kan bli aktuellt.

Frågeställningar, möjligheter och idéer framåt

HVO går att använda direkt, men behöver troligen frigöras för att lösa problem inom andra områden då det är extra svårt att hitta fossilfria lösningar. Det är därför troligt att HVO inte kommer att vara tillgängligt för skogen efter 2030.

Även när lösningar finns tar omställningen tid. Den uppskattad livslängd för tunga arbetsmaskiner är sju år och en lastbil går i Sverige i fyra år och tas sedan ofta österut.

Det är tänkvärt att det tillhandahålls reservdelar för 40 år gamla maskiner.

Var finns "brake even" avseende CO₂-avtrycket mellan befintliga och framtida fordonstyper?

Kan man utveckla affärsmodeller som skapar incitament för ny teknikutveckling och acceptans för en omställning med initialt ökade kostnader bland annat pga.

tidigarelagd utfasning?

Som stöd för prioriteringar vore det bra att visualisera/kvantifiera bränsledata per processsteg (gallring, slutavverkning, ris/grot).

Även när framdriften av maskiner och fordon blivit fossilfri finns det fossilbaserade oljor i arbetshydrauliken och transmissionskomponenter samt i däck.

Väg



Fordonstyper

Aktuella fordonstyper som har behandlats är:

- 64 ton ekipage: 3 axlig bil med 4 axligt släp
- 70 ton ekipage: 3 axlig bil med 5 axligt släp
- 74 ton ekipage: 4 axlig bil med 5 axligt släp.

Nedanstående tabell presenterar en kartläggning av lastbilstransporter med råvara.

Olika typer av drivmedel

De drivmedel som kartläggningen omfattar är Diesel 30% inblandning Bio, HVO 100, RME Biodiesel, Flytande Gas (LBG), EL och Vätgas.

För dessa drivmedel har olika parametrar listats, som förbrukning, kostnad, prisbild per ekipage, CO₂- och andra utsläpp. Räckvidd, prognos för tillgång i tid, förväntad utveckling samt hinder är också med i jämförelsen.

Reflektioner

Den stora arbetsgruppen diskuterade relevansen av de olika drivmedel och kom fram till att RME är det minst intressanta alternativet. Vätgas är energibärare antingen i en bränslecell eller i en förbränningsmotor.

Det krävs betydande investeringar i tunga eldrivna lastbilar vilken kan påverka betalningsviljan, men med Flextjänst kan investeringar betala sig inom endast några år.

Innebörden av Flextjänst är att genom att vara flexibel med elförbrukning (laddning av fordon) får man betalt för att bidra till balansen i elsystemet.

Någon aktör överväger att etablera ett eget elnät i sydöstra Sverige. Det skulle kunna komma många till nytta med i första hand måste de säkerställa sina behov.

Utvecklingen mot högre effekt behöver inte nödvändigtvis vara bättre. Fordonet måste kunna tillgodogöra sig detta och det är stor skillnad mellan olika typer av lastbilstransporter.

Utvecklingen går så fort att konverteringar mellan olika drivmedel mycket troligt kommer att ske i framtiden. Här kommer de politiska förutsättningarna påverka vilka drivmedel som utvecklas mest.

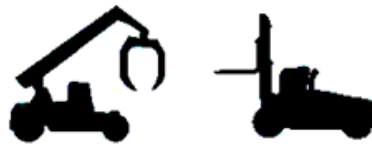
Jämförelsetabeller drivmedel:

Drivmedel	Förbrukning	Koldioxid Ekvivalenter CO2 kg /liter(kg)	Omräkning CO2 kg /mil	Pris ink moms*	Pris kr/mil (Bränsle)	Prisbild ekipage	Andra Utsläpp
Diesel 7% inblandning Bio	5,8 liter/mil	2,50	14,50	17 kr/liter	100 kr	5 Mkr	Kväveoxid, partiklar
HVO 100	5,8 liter/mil	0,35	2,03	19,26 kr/liter	112 kr	5 Mkr	Kväveoxid, partiklar, något bättre än diesel
RME Biodiesel	5,8-6 liter/mil	1,00	6,00	15,25 kr/liter	90 kr	5 Mkr	Kväveoxid, partiklar
Flytande Gas (LBG)	2-4 kg/mil	0,53	1,59	29 kr/kg	87 kr	5,5 Mkr	Kväveoxid, partiklar, Väsentligt bättre än diesel
Grön EL	12 kWh/mil	0	0	3,50 kr/KWh	42 kr	6-7 Mkr	hur är elen producerad
Grön vätgas	0,8 kg/mil	0	0	100 kr/kg men fallande	80 kr	osäkert	inga större än vatten

*) Priser per mars 2025

Drivmedel	Tillgång 0-2 år	Tillgång 2-5 år	Tillgång 5-10 år	Räckvidd	Övriga begränsningar	Pågående utveckling	Fungerar drivmedel till alla Fordonstyper
Diesel 7% inblandning Bio	God	God	God	50 mil och uppåt	Addblue begränsning. Finns dock möjlighet att koppla ifrån vid kris	Mindre motorer/förbrukning Isave 20% mindre förbrukning	JA
HVO 100	Begränsad	God	God	50 mil och uppåt	Addblue begränsning. Finns dock möjlighet att koppla ifrån vid kris	Mindre motorer/förbrukning Isave 20% mindre förbrukning	JA
RME Biodiesel	Begränsad	Begränsad	Begränsad	50 mil och uppåt	Addblue begränsning. Finns dock möjlighet att koppla ifrån vid kris	Mindre motorer/förbrukning Isave 20% mindre förbrukning	Nej, större motorer fungerar inte
Flytande Gas (LBG)	Begränsad	Ökande	God	60-70 mil med en tank på 205 liter	Distribution Tankmöjligheter	Nyttja detta på fler motoralternativ Minska förbrukningen ytterligare	JA
Grön EL	Begränsad	Begränsad	Ökande	Upp till 30 mil idag	Laddningsstruktur. El-kapacitet	Batteristorlek och räckvidd	JA
Grön vätgas	Väldigt liten grön vätgas	Ökande	Ökande	Ambition lika långt som med diesel	Distribution Tankmöjligheter	Vikter hur minska aggregat för att inte tappa lastvikt (passar inte på hela flottan om man har några bilar)	JA

Förädling



Avgränsning

Avgränsning för denna del av analysen är mobila maskiner och fordons-aktiviteter innan för grindarna. Dessa är hjullastare, gaffeltruckar, vedgårdstruckar (logstacker, Hi-Lift), dragare (terminaltraktorer) och bildragare (lastbilar). Stationära maskiner ingår ej.

Mätetal för processer

Processen på ett sågverk beskrivs som följer; avlastning, pålastning, sortering, inmatning, sågning/hyvlning, torkning, lagring och utlastning.

Det föreslås att man tar fram ett mätetal, förslagsvis kostnaden för olika scenarion för 1 m³ sågat virke och CO₂ ekvivalenter för densamma.

Ett antal fallstudier behövs för att testa mätetalet på olika typer av förädling.

Aktuella utmaningar

Infrastruktur för el till arbetsmaskiner och fordon och särskilt tillgång på effekt vid rätt tillfälle är en fråga som i hög grad involverar nätägare.

Etablering av en lokal laddningsinfrastruktur inom grindarna på sågverk och dylik förädling med lagring av stora mängder brännbart material kräver omfattande tillståndprocesser från räddningstjänst m fl samt acceptans från försäkringsbolag.

Större maskiner är mera krävande att göra fossilfria. Här kan automatisering bli en del av svaret, till exempel för nya maskintyper för autonom flytt av last. Detta förutsätter dock en delvis ersättning av existerande maskinpark. Samtidigt är det viktigt att inte mixa obemannade och bemannade maskiner på samma område inom förädlingssiten. Detta kan vara svårt att lösa då layouten på förädlingssiter har ofta utvecklats organiskt och är svårt att optimera med befintlig struktur.

Den fysiska arbetsmiljön förbättras om konventionella tekniker byts genom minskning av avgasor, buller och vibrationer. Samtidigt kan besparingar göras på kostnader för ventilation. Däremot kan den psykosociala arbetsmiljön förändras om laddningsscheman skall följas och alla inte kan ta pauser samtidigt. Alternativt kan man investera i flera maskiner och därigenom öka flexibiliteten till exempel så att personal kan byta maskin vid behov av laddning. Detta sker då till en ökat initial investeringskostnad.

Utgående logistik



Utgående logistik har studerats i form av ett IKEA-case [11]. För transporter till och från IKEA:s tillverkningsenheter samt distributionscentran i Sverige har ett antal initiativ tagits från IKEAs sida för upphandling av fossilfria, eller åtminstone "låg-fossila", transporter. Omfattningen m a p exakt vilka transporter som avses är dock inte helt klart.

Av transporter totalt i Sverige går 62% som tågtransporter och 38% som lastbilstransporter. Utsläppet från dessa lastbilstransporter ligger i genomsnitt på 0,06115 kg CO₂e per km och ton levererat gods.

IKEA är en av The Climate Group's medlemmar som står bakom EV100+ med åtagande att ha 100% nollutsläppsfordon på vägarna till 2040, primärt batterielektriska eller vätgas-fordon [12]. Gruppen efterlyser en tydlig riktning för alla ägare och operatörer av EU:s fordonsparker att de bör investera i utsläppsfria fordon, vilket driver efterfrågan som kan stärka den europeiska bilmarknadens konkurrenskraft. Investeringar av stora företag i dag kommer att öka begagnatmarknaden för utsläppsfria fordon i morgon, vilket gör det möjligt för små och medelstora företag att också byta till utsläppsfria fordon.

IKEA har inget direkt mål rörande just biogaslastbilar, men det är en produkt som lever upp till målet och som IKEA försöker implementera där det inte går att lösa med batterielektriska eller vätgas-fordon.

IKEA:s globala mål för tågtransporter är att ha 70% intermodala transporter - alltså antingen tåg eller sjöfartslösningar.

Sammanfattning

Del-process	Maskin	Framdrivning	Utmaningar	Serieproducerad maskin tillgänglig
Skogen	Skördare och Skotare	HVO	Tillgänglighet på HVO	0-2 år
		Batteri	Transport av energi till samt lagring av energi vid avverkningsplats	2-5 år
		Bränslecell	Transport av energi till samt lagring av energi vid avverkningsplats	5-10 år
Väg	Timmerlastbil	HVO	Tillgänglighet på HVO	0-2 år
		Batteri	Laddningstid vid laddstolpar. Laddpunktens elektriska effekt.	0-2 år
		Bränslecell	Tillgänglighet på vätgas och dess infrastruktur	2-5 år
		Vätgas-förbränningsmotor	Tillgänglighet på vätgas och dess infrastruktur. Verkansgrad på förbränningsmotor.	5-10 år
Förädling	Hjullastare (Hi-Lift) och Gaffeltruck	Batteri	Laddningstid. Laddpunktens elektriska effekt. För gaffeltruck även alternativet att byta batteripack.	0-2 år
		Bränslecell	Behov av momentant kraftuttag på bränslecell	5-10 år
Utgående logistik	Lastbil med släp eller trailer	HVO	Tillgänglighet på HVO	0-2 år
		Batteri	Laddningstid vid laddstolpar. Laddpunktens elektriska effekt.	0-2 år
		Vätgas-förbränningsmotor	Tillgänglighet på vätgas och dess infrastruktur	0-2 år
		Bränslecell	Tillgänglighet på vätgas och dess infrastruktur	5-10 år

Förslag på fortsatt fördjupande arbete

- Omvärldsanalys innehållande befintlig infrastruktur, goda exempel och tekniktillämpningar.
- Kvantifiering av data och insamling av mätdata (exempelvis bränsledata per processteg).
- Metoder för prioritering av nytta kontra genomförbarhet.
- Påverkan av arbetsmiljö inklusive identifiering av eventuella gap, brister och/eller behov av utveckling gentemot den önskade målbilden.
- Tillståndsprocesser och acceptans för laddningsinfrastruktur där stora mängder av brännbart material lagras.
- Möjligheten att använda autonoma maskiner.
- Utbilda, inspirera och vägleda intressenter inom värdekedjan i de fall de ännu inte kan erbjuda fossilfria alternativ.

Referenser

1. Fördjupad analys av svensk klimatstatistik 2018, Naturvårdsverket (2018)
2. <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/forurensning-og-klima/artikler/transportutslipp-pavirkes-av-korona-elbiler-og-biodrivstoff> (besökt 2025-05-14)
3. K. Hallsten och B. Grath, Skogsnäringens betydelse för välfärden, Industriarbetsgivarna och Skogsindustrierna 2025.
4. P. Holmgren, Rapport: Så stor är skogsnärings bidrag i klimatarbetet, Skogsindustrierna 2019.
5. www.skogsindustrierna.se/om-skogsindustrin/branschstatistik/snabba-fakta/ (besökt 2025-02-18)
6. V. Timmermann och J. Dibdiakova, Klimagassutslipp i skogbruket – Fra frø til industriport, Vugge-til-port livsløpsanalyse (LCA), Prosjektrapport fra KlimaTre, SoL-Rapport 20/2013, skog + landskap, Norsk institutt for skog og landskap (nu NIBIO, Norsk institutt for bioøkonomi).
7. 2024 skogsindustrins framtidsagenda, Skogsindustrierna 2023.
8. B. Vennesland, A.E. Hohle, L. Kjøstelsen och L.R. Gobakken, Energibruk og kostnader – Skog og bioenergi, Prosjektrapport fra KlimaTre, SoL-Rapport 14/2013, skog + landskap, Norsk institutt for skog og landskap (nu NIBIO, Norsk institutt for bioøkonomi).
9. www.tungafordon.com (besökt 2025-03-29)
10. www.cleancon.no (besökt 2025-03-29)
11. Personlig kommunikation, Jörgen Ling, IKEA Purchasing & Logistics
12. www.theclimategroup.org/our-work/press/climate-group-launches-ev100-tackle-worlds-most-polluting-road-vehicles (besökt 2025-03-30)