

# POTENTIAL ATT MINSKA ARBETSMASKINERS KLIMATPÅVERKAN



2023-11-29

wsp

# POTENTIAL ATT MINSKA ARBETSMASKINERS KLIMATPÅVERKAN

Uppdragsnamn Potential att minska arbetsmaskiners klimatpåverkan  
Uppdragsnummer 10356894  
Författare Ficare Zehaie, Jenny Wallström, Kevin Sandberg  
Datum 2023-11-29

## KUND

**Naturvårdsverket**

## KONSULT

### WSP

121 88 Stockholm-Globen  
Besök: Arenavägen 7  
Tel: +46 10-722 50 00  
WSP Sverige AB  
Org nr: 556057-4880  
**wsp.com**

# INNEHÅLL

<b>1</b>	<b>BAKGRUND</b>	<b>4</b>
1.1	SYFTE	4
1.2	VAD ÄR EN ARBETSMASKIN?	4
<b>2</b>	<b>NULÄGESANALYS</b>	<b>5</b>
2.1	UTSLÄPPEN FRÅN ARBETSMASKINER	5
2.2	ENERGIANVÄNDNING	6
2.3	MASKINTYPER	6
2.4	BEFINTLIGA STYRMEDEL	7
2.4.1	Skatter	7
2.4.2	Reduktionsplikt	7
2.4.3	Stöd till omställning	7
2.4.4	Upphandling	8
2.5	PROGNOSER	8
<b>3</b>	<b>POTENTIAL ATT MINSKA UTSLÄPPEN</b>	<b>9</b>
3.1	MÖJLIGA TEKNIKER OCH ÅTGÄRDER	9
3.1.1	Biobränsle	9
3.1.2	Elektrifiering	9
3.1.3	Hybridisering	9
3.1.4	Vätgas	10
3.1.5	Automatisering och effektivare arbete	10
3.2	BYGGSEKTORN	10
3.2.1	Studie om potentialen inom byggsektorn	10
3.2.2	Intervju med Maskinentreprenörerna	15
3.2.3	Intervju med Caterpillars återförsäljare Zeppelin	16
3.2.4	Intervju med Volvo	16
3.3	INDUSTRIN	17
3.3.1	Input från intervjuer	18
3.4	SAMLAD ANALYS AV INDUSTRI- OCH BYGGSEKTORN (INKL. VÄGARBETEN)	18
3.5	JORDBRUKET	19
3.5.1	Intervju med forskare vid SLU	20
3.6	SKOGSBRUKET	21
3.6.1	Intervju med Skogforsk	22
<b>4</b>	<b>SLUTSATSER</b>	<b>23</b>
<b>5</b>	<b>REFERENSER</b>	<b>25</b>

# 1 BAKGRUND

I den klimatpolitiska handlingsplanen (prop. 2019/20:65) konstaterar regeringen att användningen av fossila drivmedel i både inrikes transporter och arbetsmaskiner i princip måste minska till noll om Sverige ska kunna nå det riksdagsbundna målet om nettonollutsläpp av växthusgaser senast 2045.

WSP har fått i uppdrag av Naturvårdsverket att uppdatera ett arbete som WSP (2012) gjorde om åtgärdspotentialen för att minska klimatgasutsläppen från arbetsmaskiner till 2045. Syftet var att kartlägga utsläppen och undersöka möjligheterna att minska dem. WSP (2012) bedömde att potentialen för att minska fossila bränslen från arbetsmaskiner huvudsakligen ligger i en ökad hybridisering och elektrifiering. Rapporten identifierar även ytterligare potential i effektivare användning av arbetsmaskiner och ökad användning av förnybara bränslen. För att åstadkomma dessa utsläppsminskningar lyfter rapporten behov av att tydliggöra ansvar för utsläppen från arbetsmaskiner, införa sektormål, utbildningsinsatser, harmonisering av bränsleskatter och metoder för mätning.

## 1.1 SYFTE

Syftet med denna rapport är att identifiera åtgärder för att minska klimatutsläppen från arbetsmaskiner och bedöma potentialen för att minska utsläppen och uppnå målen för klimatgaser till år 2045. Industri- och byggsektorn, jordbruket och skogsbruket ingår i uppdraget. Åtgärdspotentialen för hushållens arbetsmaskiner ingår inte.

## 1.2 VAD ÄR EN ARBETSMASKIN?

En arbetsmaskin är en mobil maskin som inte är avsedd att transportera gods eller personer på väg. Definitionen omfattar både maskiner som används yrkesmässigt och maskiner används för privat bruk inom hushållssektorn. I denna rapport används samma definition av arbetsmaskin som i Naturvårdsverkets statistik för utsläpp av klimatgaser och luftföroreningar. Statistiken finns för följande sektorer:

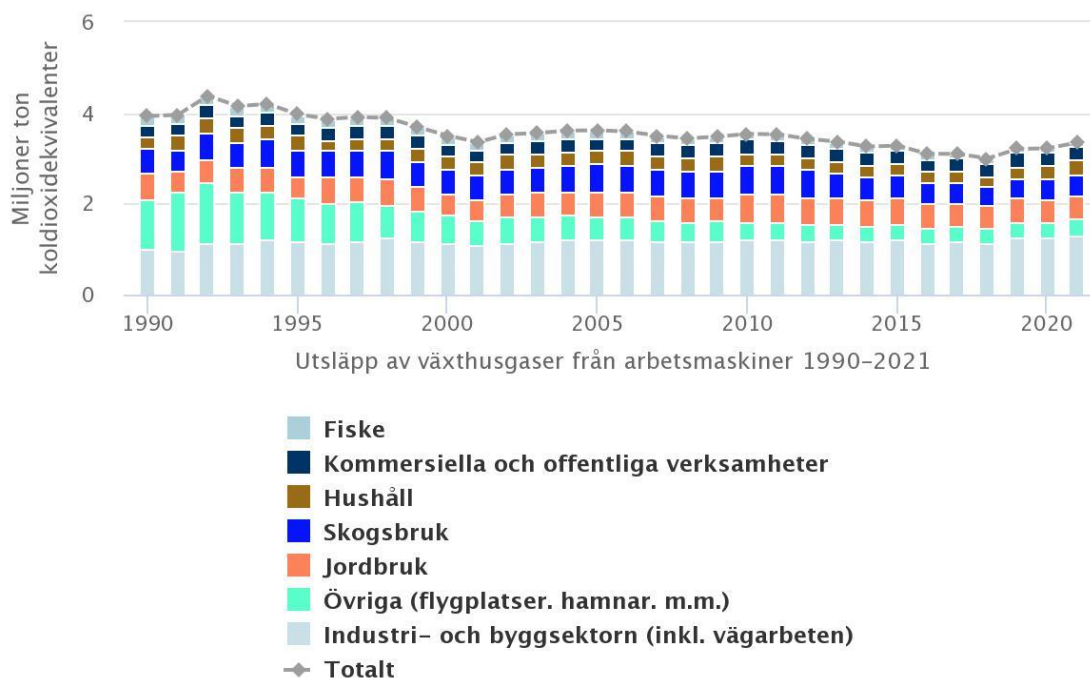
- Hushåll
- Kommersiella och offentliga lokaler
- Fiske
- Skogsbruk
- Jordbruk
- Industri- och byggsektorn
- Övriga (flygplatser, hamnar m.m.)

## 2 NULÄGESANALYS

### 2.1 UTSLÄPPEN FRÅN ARBETSMASKINER

Utsläppen från arbetsmaskiner beräknades år 2021 uppgå till 3,35 miljoner ton CO<sub>2</sub>e (tank to wheel) vilket motsvarar cirka 7 procent av Sveriges territoriella utsläpp av växthusgaser (Naturvårdsverket, 2023b).

Figur 1 visar att industri- och byggsektorn står för den största delen av utsläppen från arbetsmaskiner. De totala utsläppen från arbetsmaskiner har minskat sedan 1990, men det är framför allt inom kategorin "Övriga (flygplatser, hamnar m.m.)" som utsläppsminskningarna har skett. De senaste tre åren har utsläppen ökat. Data är dock osäkra och användningen av arbetsmaskiner är konjunkturberoende och kan därför variera mellan åren (Naturvårdsverket, 2022).



Figur 1. Utsläpp av växthusgaser från arbetsmaskiner under perioden 1990–2021, totalt och uppdelat per sektor (Naturvårdsverket, 2022).

Denna rapport fokuserar på industri- och byggsektorn som svarar för drygt en tredjedel av utsläppen från arbetsmaskiner samt jordbruk och skogsbruk som tillsammans står för ungefär en tredjedel av utsläppen (se Figur 2). Ingen nedåtgående trend kan urskiljas när det gäller utsläppen från arbetsmaskiner för dessa sektorer.



Figur 2. Utsläpp av växthusgaser från arbetsmaskiner under perioden 1990–2021, totalt och för de tre största sektorerna (Naturvårdsverket, 2022).

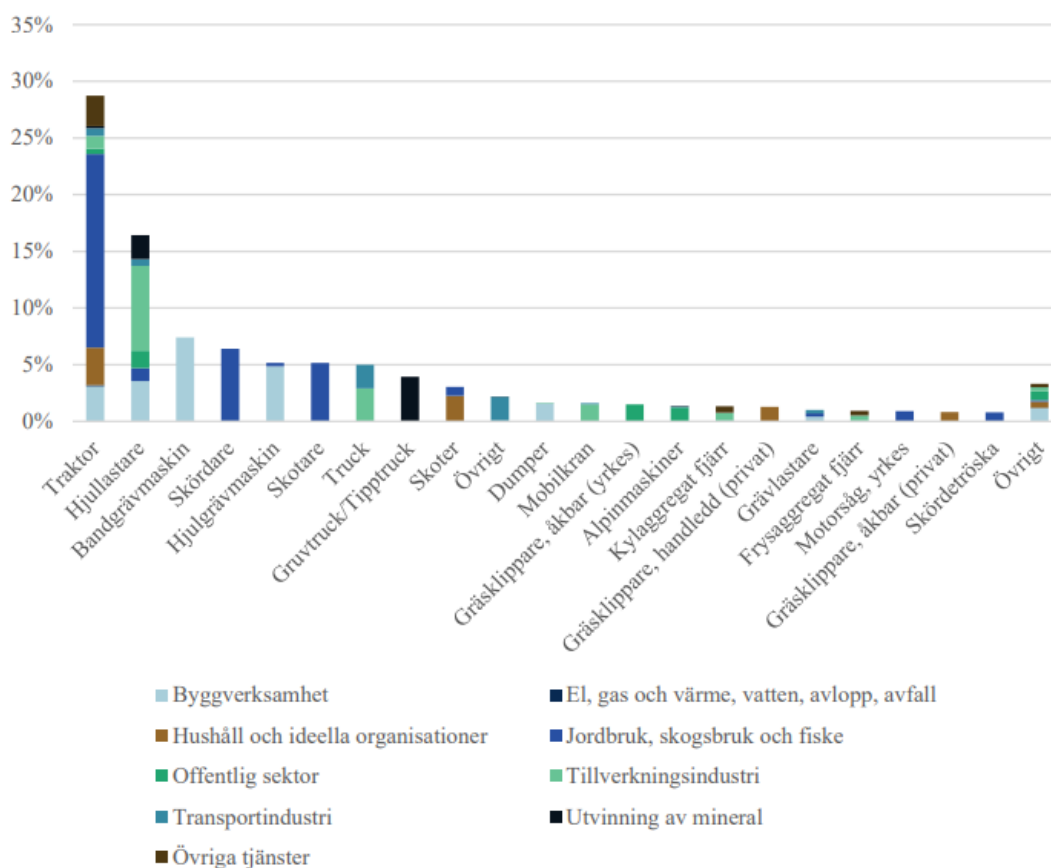
## 2.2 ENERGIANVÄNDNING

Enligt Naturvårdsverket (2022) har arbetsmaskiners energianvändning ökat med knappt 20 procent sedan början av 2000-talet. Ökningen har framför allt skett inom industri- och byggsektorn där ökningen varit närmare 50 procent sedan år 2000 och den största ökningen skett efter 2010. Energianvändningen år 2020 bestod till knappt 60 procent av diesel och till drygt 20 procent av hög- och låginblandade biodrivmedel, främst HVO, FAME men även etanol. Dieselanvändningen i sektorn omfattas av reduktionsplikt. Resterande energianvändning utgörs av bränslen som bensin och eldningsolja 1 (MGO, marine gas oil) samt en mindre del el.

Den huvudsakliga förklaringen till att utsläppen har minskat samtidigt som energianvändningen ökat under samma period är att användningen av hög- och låginblandade biobränslen har ökat från i princip obefintlig år 2000 till drygt 23 procent av den totala energianvändningen i sektorn år 2020. Utsläppen av växthusgaser från arbetsmaskiner minskade mellan 2010 och 2018 men har ökat de senaste åren.

## 2.3 MASKINTYPER

Figur 3 visar hur stor andel av utsläppen olika typer av arbetsmaskiner står för. Traktorer är den största utsläppskällan, följt av hjullastare. Figuren visar även vilka sektorer utsläppen kommer ifrån. Utsläppen från traktorer kommer framför allt från jordbruket och hjullastarna finns framför allt inom tillverkningsindustrin.



Figur 3. Utsläpp av växthusgaser från olika maskintyper fördelat på bransch (Naturvårdsverket, 2022).

## 2.4 BEFINTLIGA STYRMEDEL

Nedan beskrivs de viktigaste styrmedlen som påverkar utsläppen från arbetsmaskiner.

### 2.4.1 Skatter

Fossilt bränsle till arbetsmaskiner har full energi- och koldioxidskatt, i 70 procent av användningen inom sektorn. Arbetsmaskiner i skogs- och jordbruksnäringarna har en skattenedsättning för att värna konkurrenskraften. Rena och höginblandade biodrivmedel är befriade från energi- och koldioxidskatt.

### 2.4.2 Reduktionsplikt

Merparten av det drivmedel som används i arbetsmaskiner omfattas av reduktionsplikten, dvs. krav på inblandning av biobränsle. Tanken är att den ska ökas succesivt för att minska klimatutsläppen, sett ur ett livscykelperspektiv. Regeringen har dock beslutat att sänka reduktionsplikten till sex procent från 2024 till 2026 och noll procent från 2027 och framåt för att minska drivmedelskostnaderna.

### 2.4.3 Stöd till omställning

Det går att söka stöd till investeringar i klimatvänliga arbetsmaskiner eller andra tekniska lösningar som kan bidra till omställningen via t.ex. industriklivet, klimatklivet och klimatpremiern.



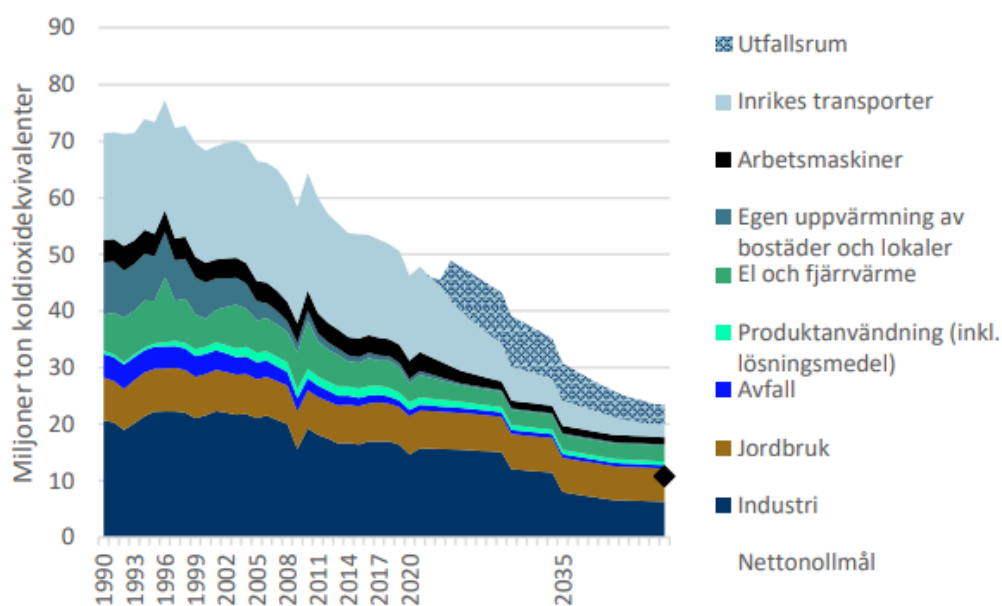
## 2.4.4 Upphandling

Upphandlande kommuner och myndigheter kan ställa miljökrav på arbetsmaskinerna som används. Trafikverket ställer t.ex. krav på att arbetsmaskiners ålder, projektets totala klimatpåverkan och hur stor andel av den samlade energianvändningen som ska bestå av förnybar energi.

## 2.5 PROGNOSE

Naturvårdsverket (2023a) beräknar att de totala utsläppen av växthusgaser kommer minska med nuvarande styrmedel, men inte tillräckligt för att nå målnivån 2045 (se Figur 4). Detta gäller även arbetsmaskiner som inte bedöms nå nollutsläpp med nuvarande styrmedel. Enligt Naturvårdsverket (2023a) finns inga tydliga styrmedel under utveckling nationellt eller på EU-nivå för arbetsmaskiner, vilket gör att en del av utsläppen från arbetsmaskiner kommer att ligga kvar år 2045. Regeringen har sedan rapporten skrevs beslutat att sänka reduktionsplikten till sex procent från 2024 till 2026 och noll procent från 2027 och framåt. I Figur 4 illustreras förväntad utsläppsökning av en hypotetisk sänkt reduktionsplikt i ett utfallsrum<sup>1</sup>. I detta utfallsrum ingår även utsläpp från arbetsmaskiner, vilket alltså innebär ett ännu större gap till målnivån 2045.

Arbetsmaskiner antas elektrifieras i begränsad omfattning, oberoende av näringsgren, fram till 2045. Enligt Naturvårdsverket (2023a) finns potentialer för elektrifiering, men det kräver att styrmedel och möjliggörande insatser utvecklas för att understödja att potentialerna realiserar. Utvecklingen av reduktionsplikten och skillnaden i kostnad mellan fossila och fossilfria alternativ har stor betydelse.



Figur 4. Prognos för utsläpp av växthusgaser med beslutade styrmedel uppdelat per sektor. Den roterade kvadraten visar målnivån med kompletterande åtgärder 2045 (Naturvårdsverket, 2023a).

<sup>1</sup> Exemplet utgår från att reduktionsplikten sänks 2024 till en genomsnittlig nivå på 6 %, Reduktionsplikten höjs sedan linjärt till 2030 och resulterar detta år i en genomsnittlig reduktionsnivå på 13%. Så kallade rena, höginblandade biodrivmedel förutsätts vara skattebefriade under hela perioden (Naturvårdsverket, 2023a).



## 3 POTENTIAL ATT MINSKA UTSLÄPPEN

I detta avsnitt diskuteras möjligheterna att minska klimatutsläppen från arbetsmaskiner i industri- och byggsektorn, jordbruket och skogsbruket. Till att börja med beskrivs de olika tekniker och åtgärder som man kan överväga för att minska utsläppen. Därefter görs bedömningar av åtgärdernas potentialer i respektive sektor baserat på genomgång av litteratur och rapporter samt intervjuer med experter såsom tillverkare, branschorganisationer och forskare.

### 3.1 MÖJLIGA TEKNIKER OCH ÅTGÄRDER

#### 3.1.1 Biobränsle

Huvuddelen av utsläppen från arbetsmaskinerna kommer från dieseldrivna maskiner. För dessa finns idag biodrivmedlet HVO (Hydrerade Vegetabiliska Oljor) som kan blandas med fossil diesel, ett så kallat drop-in-drivmedel. En stor del av arbetsmaskinerna kan även använda 100 procent HVO (Naturvårdsverket, 2022). Biobränsle produceras från biomassa med hög tillväxt, vilket gör att det betraktas som ett förnybart bränsle. Man räknar med att CO<sub>2</sub>-utsläppen minskar med upp till ca 90 procent när man använder HVO (Energimyndigheten, 2023). Detta gör att byte till biobränslen är en viktig åtgärd för att nå klimatmålen. Det är dock svårt att säkerställa att den mängd biodrivmedel som skulle behöva produceras i omställningsarbetet kan produceras hållbart. Därför ses biobränsle som en delösning i väntan på att elektrifieringen tar fart.

Elektrobränslen (även kallat syntetiska bränslen) är drivmedel och kemikalier gjorda av el, vatten och koldioxid eller kväve. Dessa tekniker är under utveckling men kan vara en viktig del i omställningen, särskilt för sektorer där direkt elektrifiering är svår eller tekniskt utmanande.

#### 3.1.2 Elektrifiering

Marknaden för elektrifierade arbetsmaskiner domineras idag av mindre storleksklasserna, t.ex. mindre grävmaskiner, hjullastare och dumprar. Utbudet av tyngre arbetsmaskiner på marknaden är mindre (Trafikverket, 2021). Elektrifiering kan genomföras med hjälp av kabeldrift eller batteridrift.

Kabeldrift innebär att arbetsmaskinen är direktansluten till elnätet och får energi via nätet. Sådana maskiner är lämpliga för repetitiva arbetsuppgifter på korta avstånd. Det finns även olika former av skenor eller kontaktledning som möjliggör arbetsmaskiner att direktansluta till elnätet (Trafikverket, 2023). Det finns även arbetsmaskiner som är direktanslutna till elnätet men har en kompletterande drivkälla såsom batterier eller förbränningsmotor, vilket gör att den kan arbeta även när den inte är direktansluten till strömkällan (Trafikverket, 2022).

Batteridrivna arbetsmaskiner kan antingen laddas medan batterierna är kvar på arbetsmaskinen eller externt i form av ett batteribytestsystem. Batteribyte innebär att ett eller flera batterier står på laddning medan arbetsmaskinen används och kan byta ut när batteriet ombord när det börjar bli urladdat. Denna lösning är en fördel i situationer där tid för att ladda arbetsmaskinerna är begränsad, men kräver en infrastruktur för batteribyte och fler batterier (Trafikverket, 2022). En möjlighet är också efterkonvertering av existerande dieseldrivna arbetsmaskiner till eldrift.

#### 3.1.3 Hybridisering

Hybridmaskiner som kombinerar el och förbränningsmotor kan antingen vara byggd så att den går att tanka med både diesel och ladda med el, eller så kan den vara dieseldriven och ta vara på energi som uppkommer i vissa typer av rörelser och spara denna i ett batteri eller annan lösning som kan lagra energi.

### 3.1.4 Vätgas

En bränslecellsmaskin tankas med vätgas och i bränslecellerna omvandlas sedan gasen till elektricitet som laddar bilens batterier. Enligt Samluesson & Pettersson (2021) finns tekniska förutsättningar för att både använda vätgas som bränsle för nykonstruerade arbetsmaskiner och konvertera befintliga arbetsmaskiner till vätgasdrift. Utmaningar med att använda vätgas handlar bland annat om tillgången till vätgas och att dagens lösningar kräver en stor tankvolym.

### 3.1.5 Automatisering och effektivare arbete

Automatisering, digitalisering och robotisering skulle kunna ge möjlighet till mindre och lättare maskiner med ökad flexibilitet och effektivare arbete. Detta leder till minskad energiförbrukning. Det pågår också ett kontinuerligt arbete med planering, val av metoder och logistik för att effektivisera arbetet, men det finns fortfarande potential att minska energiförbrukning genom förbättringar och minskad användning av maskinerna.

## 3.2 BYGGSEKTORN

Inom byggsektorn (inklusive vägarbeten) används stora och energikrävande arbetsmaskiner som grävmaskiner och hjullastare (se tabell 1) med hög motoreffekt vilket påverkar utsläppen (Naturvårdsverket, 2023b). Elektrifieringsgraden är låg, vilket dels beror på att utbudet av elektrifierade tyngre arbetsmaskiner är begränsat, dels på att laddning av maskinerna kan vara en utmaning på byggarbetsplatser.

Tabell 1. Byggverksamhetens utsläpp av växthusgaser per maskintyp, andel av totala utsläpp från arbetsmaskiner i alla branscher. (Uppskattning baserat på Figur 3 från Naturvårdsverket, 2022).

Maskintyp	Andel av totala utsläpp från arbetsmaskiner
Bandgrävmaskin	7,5%
Hjulgrävmaskin	5%
Hjullastare	3,5%
Traktor	3%
Dumper	2%
Grävlastare	0,5%
Övrigt	1,5%

### 3.2.1 Studie om potentialen inom byggsektorn

Karlsson et al. (2020) har tagit fram en klimatfärdplan från 2020 till 2045 för utsläppsminskningar inom bygg- och transportinfrastruktur där arbetsmaskiner ingår som en del av utsläppskällorna. Författarna utarbetade fyra scenarier som beskriver olika framtida riktningar för teknisk utveckling. Två av dem innebär satsningar på biobaserade åtgärder tillsammans med lagring av koldioxid och två fokuserar på elektrifiering, med och utan effektivisering.

Utifrån resultatet bedömer författarna att scenariot där satsningar riktas mot elektrifiering och effektivisering ger den största utsläppsminskningspotentialen.<sup>2</sup> För arbetsmaskiner visar resultatet att det är möjligt att uppnå en utsläppsminskning om 86 procent år 2030 och nästan uppnå nettonollutsläpp (94 procent utsläppsminskning) år 2045. Scenariot visat även störst potential att reducera energianvändningen hos arbetsmaskinerna (Karlsson et al. (2020)). I scenariot inkluderas klimatpåverkan som uppstår i samband med energiproduktion (well-to-tank) och användning (tank-to-wheel).

Författarna har identifierat följande potentialområden för arbetsmaskiner:

- Ökad andel biobränsle

<sup>2</sup> Biobränslesubstitution ingår i scenariot även om författarna lägger större förtroende vid elektrifiering

- Optimering av maskinuppsättning och användning av maskiner
- Hybridisering (en kombination av el- och dieselmotorer)
- Elektrifiering

På kort och medellång sikt bedömer Karlsson et al. (2020) att den största potentialen finns i bibränslesubstitution, medan elektrifiering har störst utsläppsminskningspotential på lång sikt. Det bör noteras att Karlssons et al. (2020) klimatfärdplan endast omfattar arbetsmaskiner som orsakar de största utsläppen inom sektorn, dvs., grävmaskiner och hjullastare (se Tabell 1). Arbetsmaskiner som bidrar med lägre utsläpp, exempelvis traktorer och dumpers, är inte inkluderade i klimatfärdplanen.

### Potentialområde 1: Ökad andel bibränsle

I Tabell 2 redovisas Karlsson et al. (2020) förslag på implementeringsgrad av bibränslen som drivmedel för arbetsmaskiner under perioden 2020 till 2045. I det här sammanhanget ska implementeringsgrad tolkas som den andel av den totala mängden arbetsmaskiner som drivs av bibränsle. Åtgärderna och implementeringsgraderna avser arbetsmaskiner som är i drift vid enskilda år. Enligt färdplanen skulle användningen av bibränslen kunna öka från 25 till 80 procent mellan 2020 och 2030. Utvecklingen drivs bland annat av Trafikverkets krav om att använda minst 50 procent förnybara drivmedel år 2025 och 100 procent år 2030 (Trafikverket, 2023). De flesta maskintillverkare kan redan idag använda biodrivmedel, specifikt HVO, i sina serieproducerade maskiner. Dock finns undantag både vad det gäller särskilda maskiner där vissa biodrivmedel inte är ett godkänt alternativ eller vilken typ av biodrivmedel som godkänns för arbetsmaskinen.

Från år 2030 fram till 2045 har Karlsson et al. (2020) bedömt att användningen av bibränslen kommer att avta, vilket beror på att författarna förväntar sig att användningen av elektrifierade arbetsmaskiner kommer att accelerera under perioden. Bedömningen tar hänsyn till Sweco:s kartläggning av olika fossilfria färdplaner där författarna uppskattar behovet av biodrivmedel för arbetsmaskiner till 6 TWh/år till 2045 (Sweco, 2019). Uppskattningen av Sweco baseras på antaganden om elektrifiering motsvarande 15 procent av dagens energibehov samt 35 procent effektivisering.

Karlsson et al. (2020) har noterat att det finns flera osäkerhetsfaktorer kopplade till bibränslemarknaden. Exempelvis framhåller IVL oro för vad som kommer att hända med bibränslen om det sker justeringar av skattebefrielsen för höginblandade bibränslen samt reduktionsplikten. Enligt IVL skulle en nedjustering av reduktionsplikten få stora konsekvenser för bibränslemarknaden med anledning av att det kan leda till lägre priser på diesel, vilket gör att prisskillnaden förstärks mellan bränsleslagen (IVL, 2022).

Tabell 2. Implementeringsgrad för bibränsle som drivmedel för arbetsmaskiner mellan 2020–2045. Implementeringsgrad representerar den andel av den totala mängden arbetsmaskiner som drivs av bibränsle. Åtgärderna och implementeringsgraden avser driftsatta grävmaskiner och hjullastare vid enskilda år (Karlsson et al., 2020).

År	Åtgärd	Implementeringsgrad
2020	Biobränsle som drivmedel	25%
2025	Biobränsle som drivmedel	50%
2030	Biobränsle som drivmedel	80%
2035	Biobränsle som drivmedel	70%
2040	Biobränsle som drivmedel	50%
2045	Biobränsle som drivmedel	37%

### Potentialområde 2: Optimering av maskinuppsättning och användning av maskiner

Karlsson et al. (2020) har identifierat optimering av maskinuppsättning och användning av maskiner som ett ytterligare potentialområde. Åtgärderna som inkluderas är inriktade på sparsam körning, effektiva lastningsmetoder, förbättrad planering och organisation av byggprojekt och entreprenader, hantering av

massor samt optimering av logistik. Enligt Naturvårdsverket kan sparsam körning och planering av arbetet sänka bränsleanvändningen och därmed utsläppen med omkring 10 procent jämfört med tidigare körmonster (Naturvårdsverket, 2022). Johanson noterar att tomgångskörning med dieselmotorer är 30–40 procent av total körningstid. Under vinter går tomgångstiden upp då många av gamla vanor tror att motorer behöver värmas upp trots att det onödigt i moderna dieselmotorer. Sparsam körning har potential genom bättre planering av byggen och entreprenader, minska bortforslandet av massor och förbättra logistiken. Störst potential finns i större bygglogistikcentra för att sänka utsläppen.

Flera ytterligare studier visar att sparsam körning kan minska utsläppen med 7 till 12 procent. Avetisyan et al. (2011) rapporterar en utsläppsminskningspotential om 12 procent från att välja optimal utrustning för projektuppgifter. På liknande sätt rapporterar Jassim et al. (2019) potentiella minskningar på 7 procent från optimalt urval av utrustning, inklusive både grävmaskiner, hjullastare och lastbilar. WSP (2012) har även tagit fram en rapport på uppdrag av Trafikverket där man identifierar en utsläppsminskningspotential på 10 procent från utbildning om sparsam körning samt planering och organisering av interaktioner på projektplatsen. Krantz et al. (2019) rapporterar utsläppsminskningar på 7 procent genom att tillämpa principer för sparsam körning. Mustafa (2021) rapporterar utsläppsminskningspotentialer på upp till 11 procent från olika lastningsmetoder.

Karlsson et al. (2020) har gjort egna bedömningar utifrån tidigare studier och kommit fram till att sparsam körning och lastningsmetoder har den största potentialen att minska bränsleförbrukningen i absoluta tal fram till år 2045. Tabell 3 visar att den potentiella reduktionen av bränsleförbrukning via sparsam körning och lastningsmetoder uppskattas till 5 procent år 2025 medan reduktion via optimalt urval av utrustning kan uppnå en reduktion på 3 procent. Sparsam körning är redan en integrerad del av förarutbildningen, men Karlsson et al. (2020) menar på att det finns ytterligare potential för förbättringar när det gäller att optimera planeringen av bygg- och entreprenadprojekt, minska onödig förflyttning av massor och förbättra logistikprocesserna. Notera att den potentiella reduktionen av bränsleförbrukning representerar den totala reduktionen som kan uppnås via sparsam körning och lastningsmetoder samt optimalt urval av utrustning. Enligt Karlsson et al. (2020) bedömningar skulle åtgärderna tillsammans kunna minska bränsleförbrukningen med totalt 18 procent för arbetsmaskiner.

Tabell 3. Potentiell reduktion av bränsleförbrukning vid optimering av maskinuppsättning samt användning av maskiner mellan 2025–2045. Den potentiella reduktionen representerar den totala reduktionen som kan uppnås via sparsam körning och lastningsmetoder samt optimalt urval av utrustning (Karlsson et al., 2020).

År	Åtgärd	Potentiell reduktion av bränsleförbrukning
2020	Inga åtgärder	0%
2025	5% reduktion via sparsam körning och lastningsmetoder samt 3% reduktion via optimalt urval av utrustning	8%
2030	8% reduktion via sparsam körning och lastningsmetoder samt 5% reduktion via optimalt urval av utrustning	13%
2035	8% reduktion via sparsam körning och lastningsmetoder samt 7% reduktion via optimalt urval av utrustning	15%
2040	10% reduktion via sparsam körning och lastningsmetoder samt 8% reduktion via optimalt urval av utrustning	18%

2045	10% reduktion via sparsam körning och lastningsmetoder samt 8% reduktion via optimalt urval av utrustning	18%
------	---	-----

### Potentialområde 3: Hybridisering av arbetsmaskiner

Hybridisering av arbetsmaskiner är ett ytterligare identifierat potentialområde som kan minska arbetsmaskiners klimatpåverkan. Flera studier har visat att hybridisering kan leda till betydande reduktioner av bränsleförbrukning. Bland annat har Cao et al. (2018) funnit att hybridisering av grävmaskiner kan sänka energiförbrukningen med 13–26 procent. WSP (2012) har rapporterat att hybridisering av grävmaskiner och hjullastare kan minska energiförbrukningen med 25–40 respektive 10–35 procent. Kumar et al. (2018) har uppskattat att hybridisering av grävmaskiner kan spara 40 procent i energiförbrukning. Bedotti et al. (2017) har visat att hybridisering av hjullastare kan minska energiförbrukningen med 15 procent. Li et al. (2018) har rapporterat att hybridisering av hjullastare kan sänka energiförbrukningen med 25–30 procent. Lajunen (2015) har funnit att hybridisering av hjullastare kan spara 30 procent.

Nedanstående tabell redovisar Karlssons et al. (2020) bedömning av den potentiella reduktionen av bränsleförbrukning som hybridisering av arbetsmaskiner kan ge under perioden 2020–2045. Potentiell reduktion av bränsleförbrukning ska tolkas som den potentiella reduktionen som kan uppnås via hybridisering av befintliga grävmaskiner och hjullastare. Dataunderlaget som Karlsson et al. (2020) baserat sin prognos för andelen hybridiserade grävmaskiner och hjullastare baseras på Profus rapport Roadmap för ett fossilbränsleoberoende transportsystem 2030 (Sköldberg, Holmström, & Löfblad, 2013). Utifrån tabellen går det att utläsa att hybridiserade arbetsmaskiner potentiellt kan öka fram till 2035 för både grävmaskiner och hjullastare. Därefter minskar andelen hybridiserade grävmaskiner medan hybridiserade hjullastare ökar. Detta kan förklaras av en förväntan om att grävmaskiner i högre utsträckning kommer att elektrifieras än hjullastare. För år 2045 har Karlsson et al. (2020) antagit att endast hjullastare är hybridiserade medan alla grävmaskiner har elektrifierats.

Tabell 4. Potentiell reduktion av bränsleförbrukning vid hybridisering av arbetsmaskiner mellan 2020–2045. Den potentiella reduktionen representerar den totala reduktionen som kan uppnås via hybridisering av befintliga grävmaskiner och hjullastare (Karlsson et al., 2020).

År	Åtgärd	Potentiell reduktion av bränsleförbrukning
2020	Inga åtgärder	0%
2025	25% hybridisering av grävmaskiner och 10% hybridisering av hjullastare	4%
2030	40% hybridisering av grävmaskiner och 15% hybridisering av hjullastare	6%
2035	40–50% hybridisering av grävmaskiner och 25% hybridisering av hjullastare	8%
2040	25% hybridisering av grävmaskiner och 25–30% hybridisering av hjullastare	6%
2045	50% hybridisering av hjullastare	6%

### Potentialområde 4: Elektrifiering

Elektrifiering av arbetsmaskiner har stor utsläppsminskingspotential på sikt enligt Karlsson et al. (2020). Tabell 5 redovisar implementeringsgraden för elektrifierade arbetsmaskiner under perioden 2020–2045. Implementeringsgrad definieras som andelen elektrifierade arbetsmaskiner av den totala mängden

arbetsmaskiner. I dagsläget är elektrifierade arbetsmaskiner ovanliga, och de som finns är oftast mindre arbetsmaskiner inom byggnadsentreprenad. Enligt IVL (2021) utgjorde andelen elektrifierade grävmaskiner och hjullastare omkring 1 procent inom bygg- och anläggningsindustrin år 2020. Anledningen tros vara att kostnaderna för elektrifierade arbetsmaskiner över dess livscykel är högre än för konventionella arbetsmaskiner (Naturvårdsverket, 2022).

Volvo Construction Equipment (2023) har som mål att 35 procent av företagets försäljning ska utgöras av elektrifierade arbetsmaskiner år 2030, men i Sverige skulle andelen kunna vara ännu högre (Naturvårdsverket, 2022). Vidare planerar Volvo Construction Equipment att öka andelen batterielektriska och bränslecellselektriska arbetsmaskiner gradvis fram till 2040, då de ska utgöra 45 respektive 35 procent av den totala produktionen. De resterande 20 procenten förväntas drivas av alternativa bränslen i förbränningsmotorer. Trafikverket har tagit fram generella klimatkrav för olika kontraktsår med avseende på drivmedel, fordon och arbetsmaskiner. För tillfället finns inga krav på nollutsläpp för arbetsmaskiner, men från 2025 och framåt kommer krav att införas som stegvis ökas för varje kontraktsår (Trafikverket, 2023).

Tabell 5 visar Karlssons et al. (2020) bedömning av potentialen för elektrifierade arbetsmaskiner. Implementeringsgrad ska tolkas som andelen av den totala energiförbrukningen som kan hänföras till elektrifierade arbetsmaskiner. Tabellen visar att 25 procent av grävmaskinerna potentiellt kan vara elektrifierade år 2025, vilket motsvarar 10 procent av den totala energiförbrukningen. Åtgärderna och implementeringsgraderna avser grävmaskiner och hjullastare som är i drift vid enskilda år. Karlsson et al. (2020) har även antagit att energiförbrukningen minskar med 30 procent i samband med att fossildrivna arbetsmaskiner ersätts av elektrifierade. Enligt Karlsson et al. (2020) ser elektrifieringen olika ut för grävmaskiner och hjullastare där grävmaskiner förväntas elektrifieras i större utsträckning än hjullastare. År 2045 har man bedömt att alla grävmaskiner i Sverige kan vara elektrifierade medan endast 50 procent av hjullastarna förväntas ha elektrifierats.

Tabell 5. Implementeringsgrad för elektrifiering av arbetsmaskiner mellan 2025–2045. Implementeringsgrad ska tolkas som andelen av den totala energiförbrukningen som kan hänföras till elektrifierade arbetsmaskiner i drift. Åtgärderna och implementeringsgraden avser driftsatta grävmaskiner och hjullastare vid enskilda år (Karlsson et al., 2020).

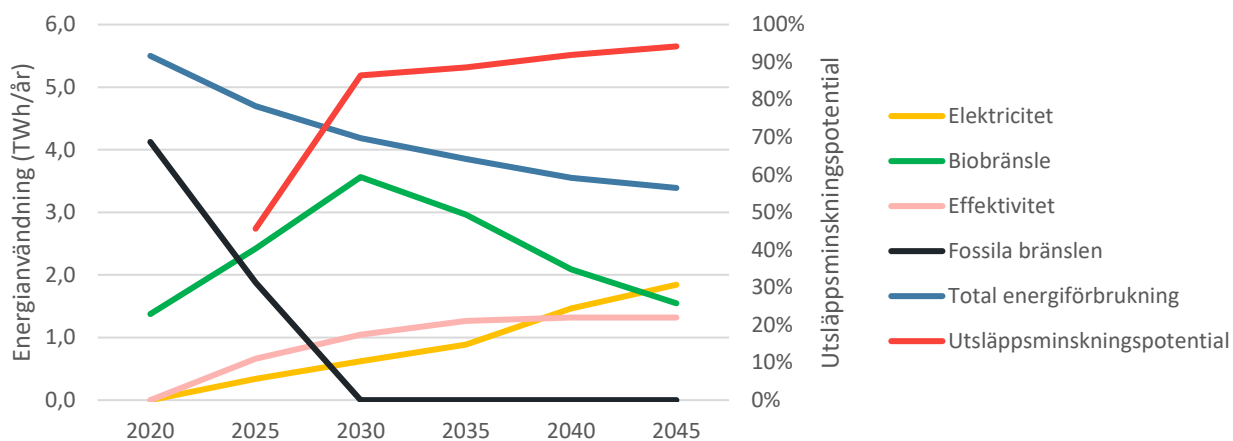
År	Åtgärd	Implementeringsgrad
2020	Ingen åtgärd	0%
2025	25% elektrifierade grävmaskiner	10%
2030	40% elektrifierade grävmaskiner och 10% elektrifierade hjullastare	20%
2035	55% elektrifierade grävmaskiner och 20% elektrifierade hjullastare	30%
2040	75% elektrifierade grävmaskiner och 40% elektrifierade hjullastare	50%
2045	100% elektrifierade grävmaskiner och 50% elektrifierade hjullastare	63%

### Samlad utsläppsminskningspotential

I Figur 5 visas den samlade potentialen för de fyra potentialområdena. Figuren ger en översikt över både energianvändning och potentialen för minskade utsläpp av åtgärderna som tidigare presenterats. Från figuren framgår det att fossila bränslen utgör den dominerande delen av energianvändningen år 2020. Situationen kan förändras omkring år 2025 då energianvändningen från fossila bränslen och biobränslen når jämförbara nivåer med varandra. År 2030 är en milstolpe då inga fossila bränslen längre används<sup>3</sup>, utan all energi kommer från antingen biobränsle eller elektricitet. Användningen av biobränslen når sin topp runt 2030 för att sedan minska fram till 2045. Samtidigt ökar användningen av elektricitet gradvis från år 2020 till 2045.

<sup>3</sup> Förändringen baseras på Trafikverkets kravställning om att 50 procent av drivmedlen ska vara förnyelsebara per 2025 och 100 procent per 2030





Figur 5. Samlad utsläppsminskningspotentialen för scenario 4: elektrifiering och effektivisering mellan 2020 och 2045. (Karlsson, Rootzén, & Toktarova, 2020)

Tabell 6 Tabell 6 visar den samlade utsläppsminskningspotentialen för arbetsmaskiner enligt Karlsson et al. (2020) ur ett well-to-wheel-perspektiv. Från 2025 till 2030 kan man identifiera att potentialen går från 46 till 86 procent. Huvudorsaken är att Karlsson et al. (2020) har antagit att 50 procent av alla drivmedel ska härstamma från förnybara energikällor per 2025 och 100 procent per 2030. Därefter ökar utsläppsminskningspotentialen i en lägre hastighet och 2045 förväntas den uppnå 94 procent. Anledningen att arbetsmaskiner inte uppnår 100 procent i utsläppsminskningspotential beror på Karlsson et al. (2020) val av emissionsfaktorer för användning av biobränsle och elektricitet.

Tabell 6. Samlad utsläppsminskningspotentialen för scenario 4: elektrifiering och effektivisering mellan 2020 och 2045 (Karlsson et al., 2020).

År	Potentiell utsläppsminskning
2020	-
2025	46%
2030	86%
2035	89%
2040	92%
2045	94%

### 3.2.2 Intervju med Maskinentreprenörerna

Enligt Maskinentreprenörerna<sup>4</sup> är det möjligt att byta till biobränsle i alla maskiner inom byggsektorn redan idag, dvs. den teoretiska potentialen för biobränsle är 100 procent. Det som krävs dock är att det är lönsamt att tanka biobränslen, vilket det inte är idag. Tillgång på biobränslen kan vara en utmaning om alla fordon och maskiner skulle byta samtidigt. Maskinentreprenörerna tycker att områden som är svåra att elektrifiera, såsom arbetsmaskiner, bör prioriteras för användning av biobränslen istället för exempelvis personbilar.

När det gäller elektrifieringsgraden bedömer de att Karlssons et al. (2020) uppskattningar är rimliga förutom att elektrifieringen kommer komma i gång lite senare. De bedömer att vi kan ha en implementeringsgrad på 10 procent först 2030 men att det ändå är möjligt att uppnå 20 procent år 2040. För byggprojekt drar man ofta fram el för själva projektet så själva infrastrukturen är löst, men det stora problemet är kapaciteten. Om många maskiner skulle elektrifieras skulle strömmen inte räckta till. När det gäller infrastrukturprojekt drar man inte fram el idag, utan man bygger en väg och åker därifrån. Där är den stora frågan om man ska man dra fram el för det.

Maskinentreprenörerna tror inte att hybridisering är en trolig utveckling. Det finns några få hybridmodeller, men det är inte den vägen det kommer att gå eftersom de blir tunga och otypliga. De tror att vi kommer att se byte till biobränslen och sedan full elektrifiering.

<sup>4</sup> Intervju med Maskinentreprenörernas branschutvecklingschef den 12 september 2023.



Däremot finns det andra teknologier som maskintillverkarna ser som troliga. Vätgas har t.ex. potential eftersom det inte kräver en elinfrastruktur. Men det finns utmaningar med att vätgas kräver stora tankar och innebär vissa risker. Utvecklingen går därför långsamt, men löser man de hindren är det ett bra alternativ till el, särskilt på otillgängliga platser. Vätgasmaskiner skulle t.ex. kunna användas först på plats till att gräva ner kablar som krävs för elmaskinerna. Det pågår också en utveckling av syntetiska bränslen som går att använda direkt i maskinen. Problemet är dock att kostnaderna för tillverkning är mycket höga, men i framtiden kan det vara en möjlig väg.

### **3.2.3 Intervju med Caterpillars återförsäljare Zeppelin**

Zeppelin<sup>5</sup> anser att Karlssons et al. (2020) uppskattningar stämmer väldigt väl med Caterpillars egna färdplaner. Skattningarna av potentialen för elektrifiering och hybridisering liknar Caterpillars tänkta framtid. De har t.ex. en vision om att sluta sälja dieselmotorer 2045. Företaget har också levererat hybridmaskiner i 13 år och intervjupersonen beskriver det som en succé bland kunderna.

Infrastrukturen som krävs för elektrifiering finns dock inte idag och det finns stora frågetecken kring om framtiden. Även om man har laddinfrastruktur finns inte kapaciteten på elnätet så att det går att ladda. Ett problem är att batterikapaciteten bara räcker i ca 4 timmar idag. Det innebär att man kan behöva ladda alla maskinerna under lunchrasten, vilket är svårt om det är många. Förhoppningsvis har man löst frågan om batterikapacitet i framtiden.

När det gäller optimering av maskinuppsättning och användning av maskiner anser Zeppelin att potentialen kan vara ännu större. De menar att det är mycket enkelt att nå 10 procent utsläppsminskning genom produktionsoptimering (t.ex. eco-driving). Företaget brukar göra analyser av arbetsplatser och använder data över energiförbrukningen. Problemet är att det är svårt för kunderna att ta till sig informationen och genomföra förändringarna, särskilt så att de bibehålls över tid.

När det gäller användning av biobränsle går det att blanda i HVO 100 i alla arbetsmaskiner tillverkade 2012 eller senare, vilket de allra flesta är. Det innebär att den teoretiska potentialen är högre än vad Karlsson et al. (2020) har angett, förutsatt att tillräcklig mängd biobränsle finns att tillgå till ett rimligt pris.

Det kan också vara enklare att elektrifiera arbetsmaskinerna inom byggen än vid vägarbeten. På stora vägprojekt skulle det nog också gå eftersom man ändå drar el där och de pågår under lång tid. Man måste dock tänka till i ett tidigt skede och dra fram elpunkter redan innan vägarbetet börjar. Idag görs inte det.

### **3.2.4 Intervju med Volvo**

Volvo<sup>6</sup> tror att en högre elektrifieringstakt än vad Karlssons et al. (2020) anger är möjlig. De har som mål att 35 procent av de maskiner som säljs ska vara eldrivna år 2030. Med tanke på att en arbetsmaskins livslängd är ca 10 år blir det en förskjutning om man ser till elektrifieringen av maskinparken. De anser dock att det är praktiskt möjligt att göra mycket mer än så. De tror att om viljan, laddinfrastrukturen och kapaciteten fanns skulle 80–90 procent av de arbetsmaskiner som säljs kunna vara elektrifierade år 2030. Enligt Volvo kommer det år 2030 i varje fall finnas ett produktutbud så att man kan elektrifiera alla moment på byggsidan. Volvo har hittills sålt över 1 000 elektrifierade arbetsmaskiner. Det flesta av dessa är små maskiner. De har precis börjat sälja större maskiner som är elektrifierade och ser en ökad efterfrågan på dessa.

Det finns kostnadsmässiga utmaningar med elektrifieringen, men Volvo är övertygade om att elektrifierade arbetsmaskiner kommer att bli billigare på sikt när volymen ökar. De anser att alternativet att inte ställa om är dyrare än att elektrifiera. De anser att det kommer väldigt starka signaler från EU i och med Fit for 55 om i vilken riktning vi är på väg. Det önskar också högre nationella krav.

Volvo satsar inte alls på hybridteknik eftersom de anser att maskinerna ändå ska elektrifieras helt och hållet.

---

<sup>5</sup> Intervju med Zeppelins försäljningschef den 25 september 2023.

<sup>6</sup> Intervju med Volvos ansvariga för Elektromobilitet den 29 september 2023.

Det är möjligt att konvertera dieseldrivna arbetsmaskiner till eldrift, men Volvo erbjuder endast konverterade maskiner från nyproduktion. Så det är praktiskt möjligt att konvertera maskiner, men de är osäkra på om det verkligen är ekonomiskt försvarbart.

Den framtida utvecklingen beror också på hur utvecklingen av vätgasteknik ser ut.

För bygganläggningar som ofta är i städer finns andra även drivkrafter för att elektrifiera arbetsmaskinerna, såsom att minska utsläppen av luftföroreningar.

### 3.3 INDUSTRI

Elektrifiering kan vara enklare att genomföra inom industrin jämfört med byggsektorn eftersom maskinerna används på ett och samma ställe under en längre tid, vilket underlättar för att bygga upp laddinfrastruktur.

Hjullastare är den maskintyp som bidrar till störst utsläpp från industrin generellt (se tabell nedan). Därefter kommer olika typer av truckar, traktorer, mobilkranar och kyl- och frysaggregat. Grävmaskiner är, till skillnad från byggsektorn, inte en av utsläppskällorna (figur 3).

Tabell 7. Industrins utsläpp av växthusgaser per maskintyp, andel av totala utsläpp från arbetsmaskiner i alla branscher. (Uppskattning baserad på figur 3 från Naturvårdsverket, 2022. Sammanslagning av kategorierna transportindustri, tillverkningsindustri, utvinning av mineral samt el, gas och värme, vatten, avlopp, avfall).

Maskintyp	Andel av totala utsläpp från arbetsmaskiner
Hjullastare	11%
Truck	5%
Grovtruck/Tipptruck	4%
Traktor	2%
Mobilkran	2%
Kyl- och frysaggregat fjärr	1%
Övrigt	2%

Gruv- och mineralbranschen är den bransch som har kommit längst med elektrifiering av arbetsmaskiner. Det beror på att elektrifiering innebär kostnadsbesparingar pga. att man inte längre behöver ventiler ut dieselavgaser från gruvan, men även minskat buller och ökad säkerhet. Arbetsmaskiner inom gruvindustrin används inom samma inhägnade områden under sin livstid vilket underlättar planering och infrastruktur för laddning eller direktdrift med el från nätet (Naturvårdsverket, 2023b). Digitalisering driver också effektivisering och optimering, vilket minskar den totala energi- och bränsleåtgången. Allt fler gruvtruckar elektrifieras eller ersätts av transportband, där det är möjligt. Dieselmotorer användes 2018 i en del interna transporter, t.ex. tunga arbetsmaskiner för brytning och lastning (Svemin, 2018). Svenska gruvutrustningsleverantörer planerar att hälften av de sålda gruvmaskinerna ska vara elektrifierade till år 2030 (Material Economics, 2021).

Enligt Gruv- och mineralbranschen (Fossilfritt Sverige, 2023) behövs följande åtgärder genomföras för att nå målet om klimatneutrala processer och fossilfri energianvändning inom branschen år 2045:

- Ökad elektrifiering
- Byte till biobränsle. Främst i en övergångsfas där el (ännu) inte kan användas, i transporter och arbetsmaskiner.
- Automation och digitalisering för effektivare fordon och mer optimerad användning

Det finns dock osäkerheter kring funktionalitet och garantier för användning av biodrivmedel i fordon och arbetsmaskiner, speciellt för gruvorna, eftersom de till övervägande del är lokaliserade i kallare klimat

(Svemin, 2018). Dessutom är tillgången på biobränsle begränsad, vilket skapar osäkerhet både när det gäller tillgång och pris.

Enligt stålindustrins klimatfärdplan från 2012 var den viktigaste åtgärden för att minska utsläppen från arbetsmaskiner att byta till biobränsle som kan användas i befintliga motorer (Jernkontoret, 2012). Därefter prioriteras att elektrifiera maskinerna. Även stålindustrin ser tillgång till biobränslen som en utmaning.

Inom bergmaterialindustrin används arbetsmaskiner i stor utsträckning. Interna transporter, lagerläggning och lastning på kundens fordon är den mest energikrävande hanteringen i en bergtäkt. Eldrift är billigare än dieseldrift på grund av högre verkningsgrad och enligt Sveriges Bergmaterialindustri (2020) bör mycket kunna elektrifieras. Att byta från dieseldrift till eldrift är dock generellt mer lönsamt i större täkter än i mindre.

De ser också att det finns en betydande potential till att effektivisera branschen och uppnå mer industrilika processer. Det handlar dels om avancerad teknik såsom 3-d scanning och modellering, dels om enkla grundtekniker som att sätta skopan i materialet så få gånger som möjligt eller att lyfta mindre och i stället flata ut produktionskedjan. Enligt Sveriges Bergmaterialindustri (2020) behöver flexibla transportörlösningar utvecklas program för visualisering och simulering så att personalen enkelt kan arbeta med optimering av tåkten och undvika onödiga lyft. Att ersätta hjullastare med bandtransportörer innebär stora besparingar. Innan sådana kan användas på bred front krävs dock utveckling av flexibla transportörer och teknik att strömförsörja dessa.

Jämfört med andra branscher är bergmaterialbranschen lågt automatiserad. Utvecklingen i samhället går dock fort. Sveriges Bergmaterialindustri (2020) uppskar att självkörande (autonoma) lastfordon, lastare och grävmaskiner kan börja slå igenom om 5–10 år.

Skogsnäringens mål är att inga fossila drivmedel används i arbetsmaskiner inom industrin år 2030 (Skogsindustrierna, 2020). Inom skogsindustrin (på anläggning, ej i skogen) finns det för en del av arbetsmaskinerna tekniska lösningar för eldrift. Dessutom kan arbetsmaskinerna inom industrin i större utsträckning än i dag drivas med biodrivmedel. Rent tekniskt kan målet därmed uppnås enligt Skogsindustrierna (2020). En förutsättning är dock att kostnader och skatteregler inte motverkar omställningen.

### **3.3.1 Input från intervjuer**

Enligt Maskinentreprenörerna är potentialen för att minska utsläppen från arbetsmaskiner högre inom industrin än byggsektorn (inkl. vägarbeten). Elektrifieringsgraden är låg idag och incitament till elektrifiering är svaga eftersom en elektrisk arbetsmaskin kostar tre gånger så mycket som en dieseldriven arbetsmaskin. Byte till biobränsle är en enklare lösning eftersom det endast påverkar kostnaden för bränslet.

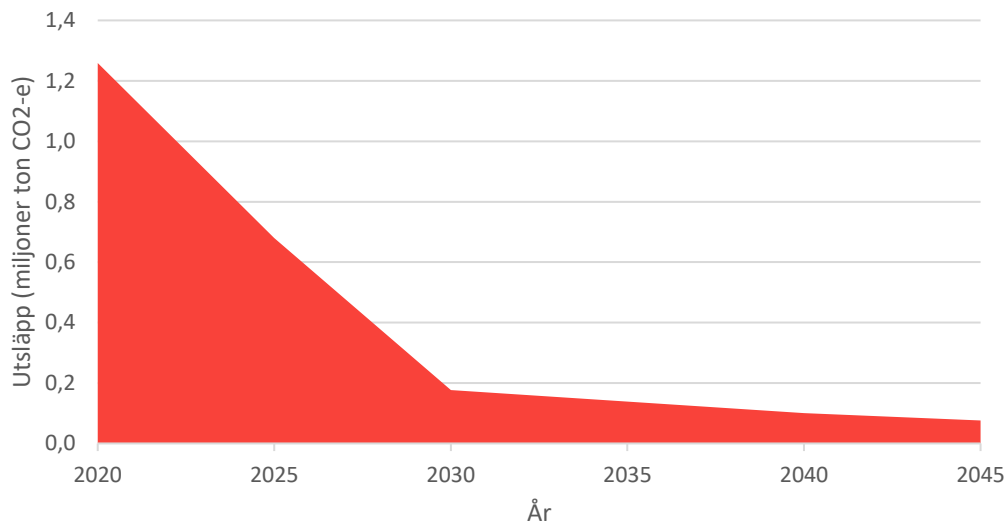
Volvo håller med om att industrin är enklare att elektrifiera än byggsektorn eftersom arbetsplatserna är mer stationära. Inom industrin används dock större maskiner som är svårare att elektrifiera än små maskiner, vilket innebär en viss fördröjning av elektrifieringen.

Även Zeppelin/Caterpillar håller med om att det är industrin som har potential att gå snabbare fram när det gäller elektrifiering av arbetsmaskiner med tanke på att de har fasta installationer. Industrin är delvis redan där, men man skulle kunna öka hastigheten signifikant. Det är dock en kostnadsfråga och idag finns inga krav och incitament för att öka elektrifieringen. Man brukar tala om att gruvindustrin är elektrifierad, men enligt intervjupersoner är det bara en liten andel av arbetsmaskinerna som är elektrifierade inom gruvindustrin idag, resten är dieselmaskiner.

## **3.4 SAMLAD ANALYS AV INDUSTRI- OCH BYGGSEKTORN (INKL. VÄGARBETEN)**

De personer som har intervjuats bedömer att potentialerna i Karlssons et al. (2020) färdplan i stora drag är rimliga för alla arbetsmaskiner inom byggsektorn (inklusive vägarbeten). Karlssons et al. (2020) färdplan

gäller dock enbart byggsektorn - inte industrin. Om vi antar att utsläppsminskningspotentialerna i studien gäller både industri- och byggsektorn skulle utsläppen kunna minska från 1,259 miljoner ton år 2020 (Naturvårdsverket, 2023b) till 76 tusen ton år 2045 (se Figur 6). Intervjupersonerna är dock överens om att potentialen för att minska utsläppen från arbetsmaskiner är högre inom industrin än byggsektorn även om de inte har kunnat uppskatta exakt hur stor skillnaden är mellan sektorerna. Detta innebär att de potentiella utsläppsminskningarna bör betraktas som lägstanivåer.



Figur 6. Potentiell utsläppsminskning från industri- och byggsektorn mellan 2020 och 2045.

### 3.5 JORDBRUKET

Större delen av de traktorer som finns i Sverige är gamla och används sällan. Enligt Utredningen om fossiloberoende jordbruk (2021) finns cirka 123 000 traktorer inom jordbruket idag, varav 30 000 är nyare än 10 år och står för den största delen av arbetet inom jordbruket. Jordbruksföretagen har ofta flera traktorer som används olika mycket och för olika syften. Det är inte ovanligt att en traktor används och finns kvar på ett företag i flera decennier. Traktorerna drivs nästan uteslutande av förbränningsmotorer. Utöver traktorer finns förbränningsmotorer i olika självgående maskiner såsom skördetröskor och lastmaskiner, men även i vissa redskap som kopplas till traktorer. Dessutom används förbränningsmotorer för att driva stationära anläggningar. De flesta förbränningsmotorer som används i jordbruket går på diesel. Det är därmed relativt enkelt att minska fossilberoendet och koldioxidutsläppen genom inblandning av biobränslen.

Potentialen för elektrifiering inom jordbruket i fält bedöms vara begränsad eftersom traktorer i många fall arbetar med relativt hög konstant belastning, vilket gör det svårt att återvinna energi. Räckvidden och kapaciteten är utmanande för att kunna elektrifiera av jordbrukets fältarbeten. På kort och medellång sikt bedöms därför den största potentialen för att minska utsläppen inom jordbruket i stället finnas i en ökad användning av biodrivmedel (Utredningen om fossiloberoende jordbruk, 2021). Potential för elektrifiering av arbetsmaskiner när det gäller inomgårdsarbeten är däremot stor, dvs. att t.ex. utfodring och utgödsling automatiseras och elektrifieras.

Utmaningen med att elektrifiera traktorer inom jordbruket är att batterier endast kan hålla en hundradel så mycket energi per viktenhet som diesel gör, vilket betyder att en batteritraktor kan arbeta kortare tid ute på fälten och behöver laddas oftare än en dieseltraktor behöver tankas. Det kan bli dyrt och leda till att arbetstakten blir långsammare än dagens traktorer. En lösning kan vara att göra traktorerna självkörande, så kallat autonoma. Det skulle innebära att de blir lättare och kan arbeta under en längre tid och att det skulle bli billigare att köra tillbaka till gården för att ladda eftersom man inte skulle behöva betala en förare under

tiden. Lagnelöv et al. (2021) har genom simuleringar undersökt vilken effekt autonoma eltraktorer skulle ha på fältarbete i svenskt jordbruk. Resultatet visar att autonoma eltraktorer skulle kunna utföra fältarbeten på liknande eller kortare tid än dieseltraktorer. Detta pga. traktorerna är självkörande, eftersom de då kan arbeta mer än en förare. Arbetstakten blir lägre eftersom de behöver ta pauser för att laddas, men autonomi kompenseras för detta. Kostnaderna för självkörande batteridrivna traktorer jämfördes också med konventionella bemannade dieseldrivna traktorer. Analysen visar att autonoma eltraktorer har lägre årliga driftskostnader eftersom kostnaderna för bränsle och underhåll var lägre, samtidigt som det ger tillräcklig kapacitet och lägre energianvändning. De högre investeringskostnaderna vägdes upp av de minskade driftskostnaderna. Kostnader för åldrande av batterier är betydande, systemet bedöms fortfarande vara konkurrenskraftigt. Fördelarna med fordonen vägde upp nackdelarna, t.ex. frekvent laddning och ökad transport.

Det finns också många olika redskap som kopplas på traktorer, såsom jordbearbetningsmaskiner (plogar och harvar), skördemaskiner (slåttermaskiner och rundbalspressar), vagnar för olika typer av transporter och gödselspridare. Idag drivs sådana redskap till största del hydrauliskt eller mekaniskt via traktorn. Elektrifiering skulle kunna innebära minskad energianvändning, ökad effektivitet och förbättrad kontroll/styrning av redskapen jämfört med dagens system med drift via traktorns kraftuttag och hydraulsystem.

Det förekommer även arbetsmaskiner av hybridmodell där el-drift kombineras med en förbränningsmotor. Det finns även exempel på hybridtraktorer med elmotorer som drivs av biogas (Miljöfordon Sverige, 2021).

### **3.5.1 Intervju med forskare vid SLU**

Enligt en forskare inom lantbrukets teknik och system vid SLU<sup>7</sup> är potentialen för att minska utsläppen från arbetsmaskiner inom jordbruket genom byte till biobränsle i princip 100 procent redan idag förutsett att tillräckligt med biobränsle finns att tillgå.

När det gäller elektrifiering av traktorer i fält bedömer intervjupersonen att potentialen är mycket begränsad eftersom effektbehovet i lantbruk är stort, vilket gör att en batteridrivna traktor kräver så stora batterier att kostnaden och vikten (markpackningen) blir ett problem. Andra arbetsmaskiner såsom skördetröskor är har ännu mindre potential eftersom de används så sällan och det är svårt att se att investeringar i elektriska skördetröskor skulle vara ekonomisk hållbart. Däremot bedömer intervjupersonen att det finns stor potential att elektrifiera maskiner på gården. I princip är det möjligt att elektrifiera de flesta maskiner, men en del av maskinerna som används på gården är gamla traktorer som tidigare har använts på fält. De kan stanna kvar länge på gården eftersom de redan har dem. Intervjupersonen bedömer att ca utsläppen från arbetsmaskiner för inomgårdsarbete skulle kunna minska ca 50–70 procent genom elektrifiering.

Förbränningsmotorer utvecklas hela tiden. Idag kan man få ut ca 40 procent av den energi som används i t.ex. en traktor. Intervjupersonen tror att det är möjligt att genom teknisk utveckling öka verkningsgraden till ca 50 procent.

Automatisering och elektrifiering av traktorer bedöms ha en stor potential på lång sikt. Intervjupersonen tror att det är möjligt att utvecklingen för självkörande eltraktorer kan gå snabbare än utvecklingen av t.ex. självkörande fordon på väg eftersom säkerhet inte är ett lika stort problem där (inga människor rör sig på fältet och inhägnad är möjligt). Det finns ännu inte så många automatiserade arbetsmaskiner på marknaden. De som finns i dagsläget ersätter framför allt människor (plocka ogräs t.ex.) och inte maskiner.

Vätgasdrivna traktorer och andra arbetsmaskiner inom jordbruket är under utveckling och kan vara ett möjligt alternativ till dieseldrivna maskiner i framtiden.

---

<sup>7</sup> Intervju med forskare inom lantbrukets teknik och system vid institutionen för energi och teknik vid Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) den 12 oktober 2023.

Potentialområden	Åtgärd	Potential – på kort (idag), medellång (2030) och lång sikt (2045)
Byte till biobränsle	Byte till biobränsle i traktorer och skördetröskor, stationära anläggningar, maskiner på gården	100% - kort sikt
Elektrifiering	Elektrifiering av traktorer i fält	0–10% - medellång sikt
	Elektrifiering av skördetröskor	0% - medellång sikt
	Elektrifiering av maskiner på gården (t.ex. hjullastare)	50–70% - medellång sikt
Automatisering	Automatisera och elektrifiera traktorer	Stor potential på medellång-lång sikt
Effektivare maskiner	Utveckling av förbränningsmotorer	10% - medellång
Vätgas	Traktorer och andra maskiner	Beror på den tekniska utvecklingen

### 3.6 SKOGSBRUKET

Till skillnad från jordbrukare har många skogsägare inte egna maskiner som behövs för skogsbruket. För åtgärder som avverkning, markberedning och gallring tas ofta hjälp av skogsentreprenörer. Skogsmaskiner används till skillnad från jordbrukets arbetsmaskiner väldigt mycket.

Enligt (Utredningen om fossiloberoende jordbruk, 2021) finns det inom skogsbruket ca 1 200 skördare som fäller och kapar träd samt ca 1 800 skotare som transporterar virke och används för markberedning etc. Utöver detta används till viss del även andra arbetsmaskiner såsom motorsågar och röjsågar, fyrhjulingar, hjullastare och skotrar. Dessa står dock för en mycket liten del av energianvändningen.

Det finns få elektrifierade arbetsmaskiner på marknaden som är avsedda specifikt för användning inom skogsindustrin. Prototyper har tagits fram av exempelvis Malwa Forest (Dagens industri, 2022), Ponsse/Epec (Possne, 2022) och Komatsu Forest (2023). Enligt Trafikverket (2021) anser dock tillverkare av skogsmaskiner att det inte är möjligt att introducera elektrifierade maskiner i stor skala, vare sig i dagsläget eller den närmsta framtiden. Detta beror framför allt på svårigheter att säkerställa laddningsmöjligheter i skogen och nödvändig batterikapacitet. Fokus bland tillverkare är i stället att effektivisera och automatisera framtidens skogsmaskiner för att därmed minska bränsleförbrukningen och utsläppen (Trafikverket, 2021). I takt med automatiseringens utveckling kan även elektrifiering bli ett alternativ. När det kommer till att effektivisera befintliga maskiner är det dock stor skillnad på skogsbruket och övriga sektorer. Skogsbruket ligger långt fram när det gäller att mäta bränsleförbrukningen och att använda den informationen på ett sätt som är till gagn för verksamheten. Det gör att man har en mycket god uppfattning om skillnader i förbrukningen mellan olika arbetsmoment och förare. Det har gjort det lättare att sälja bränslesnåla maskiner trots avsaknaden av t.ex. standardiserade körcykler men minskar samtidigt potentialen för effektivare användning.

I skogsbruket där förbrukningen redan följs upp på maskin- och förarnivå finns det andra möjligheter att minska förbrukningen. Skogsmaskinerna rör sig i mycket svår och varierad terräng vilket leder till hög bränsleförbrukning. Att genom olika åtgärder förbättra interaktionen mellan mark och maskin för att därigenom minska förbrukningen är en framkomlig väg. Detta arbetar branschen redan med, tester med t ex skotare på larvfötter har visat sig framgångsrika (Trafikverket, 2021).



Användning av biodrivmedel i skogsmaskiner har stor potential eftersom HVO kan blandas in i de flesta arbetsmaskiner inom skogsbruket (Skogsindustrierna, 2020). En förutsättning för att målet ska nås är dock att det finns tillräckligt med biodrivmedel samt att kostnader och skatteregler inte motverkar omställningen. Branschen ser även potential att själva tillverka biodrivmedel av avverkningsrester och sidoströmmar vid industrin som skulle kunna användas i arbetsmaskinerna. Detta kräver dock stora investeringar och riskerar därför att påverka konkurrenskraften negativt.

### 3.6.1 Intervju med Skogforsk

Skogforsk<sup>8</sup> instämmer med bedömningen att potentialen för biobränslen är stor så länge biobränsle finns tillgängligt. Byte till biobränsle är möjligt för arbetsmaskiner som går på diesel såsom skördare och skotare, men inte för bensindrivna arbetsmaskiner såsom motorsåg och röjsåg. Bensindrivna arbetsmaskiner används dock i liten utsträckning och står för en liten del av utsläppen.

Elektrifieringen av arbetsmaskiner en utmaning inom skogsbruket. Den stora frågan är hur man ska få ut elen i skogen. En möjlighet är att använda batterier som man kan ta ur maskinen och ladda det, men det förutsätter att det är relativt nära till en laddningsplats. Ett annat alternativ är att köra ut batterier i containrar som man kan byta med när batteriet i maskinen börjar ta slut. Båda tillvägagångssätten kräver tid och extra transporter. Det finns dock få elektriska arbetsmaskiner på marknaden idag. Skogforsk tror att elektrifiering kan ha en eventuell potential i takt med automatiseringen i framtiden, då man t.ex. kan ta bort förarmaskinen och maskinerna blir mindre och lättare. Små arbetsmaskiner såsom motorsåg/röjsåg går att elektrifiera och det finns redan idag alternativ på marknaden. Logistiken med batterier kan dock vara problematisk även för dessa maskiner även om batterier blir lättare och lättare.

När det gäller minska bränsleförbrukning genom effektivare arbete arbetar man inom skogsbruket redan mycket med detta och därför bedöms potentialen för ytterligare utsläppsminskningar vara begränsad.

Enligt Skogforsk är hybridmaskiner en möjlig väg för skogsbruket. Det handlar om hybridmaskiner som inte laddas, utan tankas, och sedan används hybridteknik, dvs. el skapas under användningen och lagras i ett batteri. Störst potential för hybridisering finns för skotare eftersom dessa använder mycket av sin energi för att förflytta sig i terrängen och för detta finns elektriska drivlinor som även används i t.ex. hjullastare. Detta skulle kunna innebära ca 25 procent minskad bränsleanvändning. I en hybridmaskin behövs inte ett lika stort batteri som i helelektrisk maskin, vilket är en fördel för maskiner som arbetar i terräng. Det är möjligt att byta ut i princip alla skotare till hybridmaskiner enligt Skogforsk. När det gäller skördare verkar det vara svårare att använda hybridteknik. Detta beror på att skördare använder mycket av energin till att fälla och kapa träd och detta kräver stort vridmoment, vilket skulle kräva stora elmotorer. Plötsliga ryck och drag klarar hydraulmotorer bättre än elmotorer. I dagsläget finns dock endast prototyper på hybridmaskiner.

Vätgas kan också vara en ytterligare en möjlighet i framtiden. Om man ska använda vätgas någonstans är det enligt Skogforsk inom skogsbruket eftersom man redan idag kör ut dieseltankar till skogen för att tanka arbetsmaskinerna, och då kan man lika gärna köra vätgastuber i stället. Vätgasbränsleceller är också en möjlig väg att gå.

Det finns också potential för helt nya och experimentella metoder. Airforestry är ett företag som har tagit fram en stor drönare som går på el och har ett skördaraggregat som kapar och lyfter ut trädet. Fördelen är att det är oberoende av terrängen.

---

<sup>8</sup> Intervju med specialist på driftsystem vid Skogforsk den 19 september 2023 och programchef för driftsystem den 19 oktober 2023.



Potentialområden	Åtgärd	Potential – på kort (idag), medellång (2030) och lång sikt (2045)
Byte till biobränsle	Byte till biobränsle i skördare och skotare	100% - kort sikt
	Byte till biobränsle i motor- och röjsåg	0%
Elektrifiering	Elektrifiering av skördare och skotare	0% på kort sikt, eventuell potential i takt med automatisering i framtiden
	Elektrifiering av motor- och röjsåg	Måttlig potential – kort sikt
Automatisering	Automatisering	Stor potential på medellång-lång sikt
Effektivisering	Minska bränsleförbrukning genom effektivare arbete	0–10% - medellång sikt
Vätgas	Skotare och skördare	Beror på den tekniska utvecklingen
Hybridisering	Skotare	25% - medellång sikt
	Skördare	0%

## 4 SLUTSATSER

Det finns stor potential att minska utsläppen från arbetsmaskiner inom alla sektorer (industri- och byggsektorn, jordbruket och skogsbruket) genom byte till biobränsle. Detta eftersom de allra flesta maskiner går på diesel och biodrivmedel kan blandas i som drop-in-drivmedel. Problemet är att priset på biobränslen fortfarande är högt jämfört med diesel. Elektrobränslen (syntetiska bränslen) kan vara ett komplement till biobränslen, även om det kan innebära ett högre pris.

Elektrifiering av arbetsmaskiner är en utmaning i samtliga sektorer, men har störst potential inom industrin och därefter byggsektorn. Elektrifieringen kan ta tid men med effektiva styrmedel och utbyggnad av infrastruktur går det att skynda på utvecklingen. Inom jord- och skogsbruket är möjligheten till elektrifiering begränsad, men man ser att det kan finnas möjligheter i takt med automatiseringen i framtiden. Hybridisering av arbetsmaskiner är inget man satsar på i stor utsträckning inom industri- och byggsektorn, men kan däremot spela en större roll inom jord- och skogsbruket där helt elektrifierade maskiner inte är en sannolik utveckling inom den närmsta framtiden.

Utvecklingen av automatiserade maskiner skulle kunna förändra sättet arbete utförs på helt och öka möjligheterna till elektrifiering och därmed minskade utsläpp. Även vätgas skulle kunna minska utsläppen i framtiden, men tekniken är inte tillräckligt mogen än. Övriga åtgärder såsom effektivare arbete och utveckling av förbränningsmotorer har begränsad potential att bidra till minskade utsläpp.

Med tanke på att utsläppen behöver minskas redan idag och byte till biobränsle är den enda åtgärden som har potential att sänka utsläppen på kort sikt är det viktigt att tillräckliga styrmedel införs för att främja användningen av biodrivmedel. Det kan handla om att t.ex. öka nivåerna på reduktionsplikten eller höja

skatten på fossila bränslen. Det kan också handla om ökat stöd till produktion av biobränslen. Särskilt viktigt är det att främja användningen av biodrivmedel (och elektrobränslen) inom de sektorer där elektrifiering har liten potential, såsom jord- och skogsbruket.

## 5 REFERENSER

- Avetisyan, H. G., Miller-Hooks, E., & Melanta, S. (2011). Decision Models to Support Greenhouse Gas Emissions Reduction from Transportation Construction Projects. *Journal of Construction Engineering and Management*.
- Bedotti, A., Campanini, F., Pastori, M., Ricco, L., & Casoli, P. (2017). Energy saving solutions for a hydraulic excavator. *Energy Procedia*.
- Cao, T., Russel, R. L., Durbin, T. D., Crocker III, D. R., Burnette, A., Calavita, J., . . . Johnson, K. C. (2018). Characterization of the emissions impacts of hybrid excavators with a portable emissions measurement system (PEMS)-based methodology. *Science of the Total Environment*.
- Dagens industri. (2022). *Svenska bolag elektrifierar skogen*. Hämtat från Dagens industri: <https://www.di.se/nyheter/svenska-bolag-elektrifierar-skogen/>
- Energimyndigheten. (2023). *Drivmedel 2022 - Resultat och analys av rapportering enligt regelverken för hållbarhetskriterier, reduktionsplikt och drivmedelslag. ER 2023:19*.
- Fossilfritt Sverige. (2023). *Gruv- och mineralbranschen*. Hämtat från Fossilfritt Sverige: <https://fossilfritt sverige.se/roadmap/gruv-och-mineralbranschen/>
- Hakob G. Avetisyan, M. A.-H. (2012). Decision Models to Support Greenhouse Gas Emissions Reduction from Transportation Construction Projects. *ASCE Library*.
- IVL. (2021). *Kartläggning av eldrivna arbetsmaskiner*. Naturvårdsverket.
- IVL. (2022). *HVO100 - analys av nuläge och framtida utveckling*. Svenska miljöinstitutet.
- Jassim, H. S., Krantz, J., Weizhuo, L., & Thomas, O. (2020). A model to reduce earthmoving impacts. *Journal of Civil Engineering and Management*.
- Jassim, H., Krantz, J., Lu, W., & Olofsson, T. (2019). A Model to Reduce Earthmoving Impacts. *Journal of Civil Engineering and Management*.
- Jernkontoret. (2012). *Klimatfärdplan - För en fossilfri och konkurrenskraftig stålindustri i Sverige*.
- Karlsson, I., Rootzén, J., & Toktarova, A. (2020). Roadmap for Decarbonization of the building and Construction Industry-A Supply Chain Analysis Including Primary Production of Steel and Cement. *Energies*.
- Komatsu Forest. (2023). *Komatsu Forest utvecklar framtidens hållbara skogsmaskiner*. Hämtat från Komatsu: <https://www.komatsuforest.se/media/nyhetsrum/komatsu-forest-utvecklar-framtidens-h%C3%A5llbara-skogsmaskiner>
- Krantz, J., Feng, K., Larsson, J., & Olofsson, T. (2019). 'Eco-Hauling' principles to reduce carbon emissions and the costs of earthmoving - A case study. *Journal of Cleaner Production*.
- Krantz, J., Feng, K., Larsson, J., & Olofsson, T. (2019). 'Eco-Hauling' principles to reduce carbon emissions and the costs of earthmoving - A case study. *Journal of Cleaner Production*.
- Kuwar, S., Das, S., Ghoshal, S. K., & Das, J. (2018). Review of Different Energy Saving Strategies Applicable To Hydraulic Hybrid Systems Used In Heavy Vehicles. *IOP Science*.
- Lagnelöv, O., Dhillon, S., Larsson, G., Nilsson, D., Larsolle, A., & Hansson, P.-A. (2021). Cost analysis of autonomous battery electric field tractors in agriculture. *Biosystems Engineering 204*, 358-376.
- Lajunen, A. (2015). Energy Efficiency of Conventional, Hybrid Electric, and Fuel Cell Hybrid Powertrains in Heavy Machinery. *SAE International*.

- Li, T., Liu, H., & Ding, D. (2018). Predictive energy management of fuel cell supercapacitor hybrid construction equipment. *Energy*.
- Material Economics. (2021). *Klimatnyttan av svensk gruvnäring*.
- Miljöfordon Sverige. (2021). *Unik hybridtraktor drivs av biogas och elmotor*. Hämtat från Miljöfordon Sverige: <https://miljofordonsverige.se/nyheter/unik-hybridtraktor-drivs-av-biogas-och-elmotorer/>
- Mustaffa, N. K. (2021). Alternative Configurations of Earthmoving Loading Practices toward Emissions Reduction. *Journal of Construction Engineering and Management* .
- Mustaffa, N. K. (2022). Alternative Configurations of Earthmoving Loading Practices toward Emissions Reduction. *Journal of Construction Engineering and Management*.
- Naturvårdsverket. (2022). *Arbetsmaskiners klimatomställning - Underlagsrapport till regeringsuppdraget om Näringslivets klimatomställning*. Stockholm: Naturvårdsverket.
- Naturvårdsverket. (2023a). *Underlag till regeringens kommande klimathandlingsplan och klimatrelevansrapport*. Stockholm: Naturvårdsverket.
- Naturvårdsverket. (den 25 Maj 2023b). *Arbetsmaskiner, utsläpp av växthusgaser*. Hämtat från naturvardsverket.se: <https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/klimat/vaxthusgaser-utslapp-fran-arbetsmaskiner/>
- Possne. (2022). *Ponsse lanserar ny teknik: en elektrisk skogsmaskin*. Hämtat från Possne: [https://www.ponsse.com/sv/foretag/nyheter/a\\_p/P4s3zYhpxHUQ/c/ponsse-launches-new-technology-an-electric-forest-machine#/](https://www.ponsse.com/sv/foretag/nyheter/a_p/P4s3zYhpxHUQ/c/ponsse-launches-new-technology-an-electric-forest-machine#/)
- Samuelsson, B., & Pettersson, A. (2021). *Vätgasbaserade bränslen för arbetsmaskiner*. Luleå tekniska universitet.
- Scania. (u.d.). *Hur fungerar en vätgasdriven bränslecell i en eldriven lastbil?* Hämtat från Scania: <https://www.scania.com/se/sv/home/newsroom/news/2021/how-does-a-hydrogen-fuel-cell-electric-truck-work.html>
- Skogsindustrierna. (2020). *Färdplan för fossilfri konkurrenskraft - Skogsnäringen*. Fossilfritt Sverige.
- Sköldberg, H., Holmström, D., & Löfblad, E. (2013). *Roadmap för ett fossilbränsleoberoende transportsystem år 2030*. Profu.
- Svemin. (2018). *Färdplan för en konkurrenskraftig och fossilfri gruv och mineralnäring*. Stockholm: Fossilfritt Sverige.
- Sveriges bergmaterialindustri. (2020). *Färdplan för fossilfri konkurrenskraft - Bergmaterialindustrin*. Fossilfritt Sverige.
- Sweco. (2019). *Klimatneutral konkurrenskraft: Kvantifiering av åtgärder i klimafärdplaner*. Sweco.
- Trafikverket. (2021). *Fossilfria och nollutsläpps arbetsmaskiner*.
- Trafikverket. (2022). *Kravställning för fossilfria arbetsplatser*.
- Trafikverket. (2023). *Fossilfritt och framgångsrikt. Framgångsfaktorer inför genomförandet av en helelektrifierad tunneldrivning. Förstudie till Norrbottenregionens pilotprojekt*.
- Trafikverket. (2023). *Klimatkrav i planläggning, byggskede, underhåll och på tekniskt godkänt järnvägsmaterial* . Trafikverket.
- Utredningen om fossiloberoende jordbruk. (2021). *Vägen mot fossiloberoende jordbruk (SOU 2021:67)*. Stockholm: Landsbygds- och infrastrukturdepartementet.

- Volvo Construction Equipment. (2023). *Volvo Construction Equipment Global*. Hämtat från Leading the journey to zero emissions: <https://www.volvoce.com/global/en/about-us/how-we-drive-change/our-electromobility-journey/>
- WSP. (2012). *Arbetsmaskiners klimatpåverkan och hur den kan minska - Ett underlag till 2050-arbetet*. Trafikverket.
- WSP. (2012). *Arbetsmaskiners klimatpåverkan och hur den kan minska: Ett underlag till 2050-arbetet*. Trafikverket.

## VI ÄR WSP

WSP är en av världens ledande rådgivare och konsultbolag inom samhällsutveckling. Med cirka 55 000 medarbetare i över 40 länder samlar vi experter inom analys och teknik, för att framtidssäkra världen.

Tillsammans med våra kunder tar vi fram innovativa lösningar för en mänsklig, trygg och välfungerande morgondag. Vi planerar, projekterar, designar och projektleder olika uppdrag inom transport och infrastruktur, fastigheter och byggnader, hållbarhet och miljö, energi och industri samt urban utveckling. Så tar vi ansvar för framtiden.

**wsp.com**

### WSP Sverige AB

121 88 Stockholm-Globen  
Besök: Arenavägen 7

T: +46 10-722 50 00  
Org nr: 556057-4880  
**wsp.com**

