

# Alkoholer som drivmedel i arbetsfordon

Gunnar Larsson, Sveriges lantbruksuniversitet &  
Per-Ove Persson, Persson f.N.B



Persson f.N.B. AB

Detta projekt har utförts inom forskningsprogrammet *Förnybara drivmedel och system* med finansiering från Energimyndigheten och f3 Svenskt kunskapscentrum för förnybara drivmedel



THE SWEDISH KNOWLEDGE CENTRE  
FOR RENEWABLE TRANSPORTATION FUELS



## Referensgrupp

- Viktigt bollplank för projektet
- Lena Nordgren, SEKAB
- Magnus Persson, Malte Fuel & Wash
- Johan Mattsson & David Varverud, Energifabriken
- Olle Gelin & Henrik von Hofsten, Skogforsk
- Bengt Ramne, Scandinaos



## Bakgrund

- Arbetsfordon, som traktorer och hjullastare använder ~14 TWh drivmedel per år
- Fossil Diesel dominerar
- Många alternativ till fossila drivmedel - biogas och biodieslar välstuderade, men inte alkoholer
- Syftet med projektet har varit att komplettera existerande studier genom att utvärdera konsekvenser av introduktion av alkoholer som bränsle för arbetsmaskiner. Projektet har också studerat drivkrafter och begränsningar på vägen mot bredare etablering.
- Detta har gjorts genom att olika typfall analyserats med avseende på ekonomiska, miljömässiga och praktiska konsekvenser under olika förutsättningar

## Varför är alkoholer intressant som drivmedel för arbetsfordon

- Relevanta drivmedel både med existerande fordon och framtida fordon
- Förekommer redan som drivmedel, främst som 1:a generationen drivmedel
- Men finns också möjlighet att producera med på sikt bättre miljö- och systemprestanda genom t.ex. syntetisering från syngas (som fås genom förgasning av huvuddelen av växten)
- Har egenskaper som kan passa väl för motorkoncept under utveckling, vilka kan kombinera höga verkningsgrader och låg utsläpp
- Kan även användas i bränsleceller.
- Det kan ofta vara problematiskt att få ut el till arbetsfordon (inte minst skog)



## Drivlinor

- Användning i Dieselmotorer
  - Som tillsats till fossil Diesel
  - Som "dual fuel" konfiguration, där (fossil/bio) diesel startar förbränningen, medan alkoholer tillför det mesta energi.
  - Som huvuddrivmedel, genom tillsats av komponent som bl.a. gör drivmedlet mer lättantändligt, MD95/ED95.
- Som M85/E85 i Ottomotor
- Ännu ej kommersiella motorkoncept, "lågtemperaturförbränning" (PPC, HCCI)
- Bränsleceller

## Teknikläge

Alternativ	TRL-Nivå	
	Metanol	Etanol
Inblandning i Diesel	3-4	3-9
Tändförstärkare	6	9
Dual fuel	3-9	3-4
I Otto-motor	9	9
PPC	4	4
HCCI	4	4
PEM-bränslecell	9	2-4
Direktbränslecell	2-4	2-4
Fastoxidsbränsleceller	2-4	2-4



## Scenarion

- Produktion
  - **Fossil Diesel** och **Biodiesel** (HVO) från Preems raffinaderi i Göteborg
  - Södras pappersbruk i Mönsterås, **metanol** från skog
  - Agroetanols anläggning i Norrköping, **etanol** från jordbruk
  - SEKABs anläggning i Domsjö, **etanol** från skog
- Användning
  - Jordbruk:
    - Skara, Västra Götalands län. Motiv: Länet med flest jordbruksföretag
    - Traktor 75 – 130 kW
  - Skogsbruk:
    - Skellefteå, Västerbottens län. Motiv: Landsdelen (Norrland) med störst skogsproduktion
    - Skotare 75 – 130 kW (10-15 ton)
  - Anläggning:
    - Södertälje i Stockholms län. Motiv: Länet med flesta anläggningsmaskiner till försäljning
    - Hjullastare, 75 - 130 kW (8-10 ton)





## Användningsfall

- Typfall 1
  - Relativt småskaligt i avseende på den sista delen av drivmedelsförsörjningen, alltså ut till aktuellt arbetsfordon och kan passa skogsbruk där entreprenören tar med sig drivmedel på sin pickup ut till skotare i skogen.
  - Det kan också passa mindre entreprenad och jordbruk.
  - Sett till den totala energiförbrukningen per enskild arbetsmaskin är skotare det exempel som förbrukar mest drivmedel på grund av många timmar per dygn och år, 2 550 drifttimmar per år eftersom maskinen i exemplet körs i tvåskift.
- Typfall 2
  - tänkt att passa lite mindre entreprenad samt jordbruk. Exemplet jordbruk är den drift som förbrukar minst drivmedel. Främst på grund av få driftstimmar, 500 timmar per år.
- Typfall 3
  - tänkt att passa för större entreprenad och ett större lantbruk. Här ska man tänka sig flera arbetsmaskiner. En ny hjullastare som används i exemplet har en driftstid på ca 1400 timmar per år.



## Användningsfall

Bransch / Maskin	Geografisk plats	Typfall	L diesel per tim	kWh per tim	Effekt kW	Vikt, t, resp, effekt, hk
Skogsbruk/ Skotare	Skellefteå	Fall 1, småskaligt	8,76	91	75-130	10-15 ton
Jordbruk/Traktor	Skara	Fall 2, mellanskala	7,52	78	75-130	100-174 hk
Entreprenad/Hjullastare	Södertälje	Fall 3, storskaligt	11,22	116	75-130	8-10 ton

## Brandrisk

- Låg sotbildning → lågor som är svåra att se (etanol) eller i stort osynliga (metanol).
- Olika bränder ställer olika krav på det medel som används för att släcka branden. Alkoholer räknas till klass B → ställer speciella krav på släckare .
- Vid små bränder är alkoholer enklare att hantera, medan vid större bränder är de mer utmanande
- Även om rena alkoholer är mycket brandfarliga så kan det släckas med vatten och räknas som säkrare än till exempel bensin. Men där alkoholer är utblandat med exempelvis bensin så används skum som lägger sig som ett täcke och kväver elden
- På traktorer nyregistrerade efter den 1/1 1996 finns krav på pulversläckare



## Humantoxicitet

- Relativt små mängder kan vara farliga vid direkt konsumtion. Även diesel är potentiellt dödligt vid direkt konsumtion.
- Är vanliga kemikalier som används brett i samhället, med väl utarbetade lagar, regler och riktlinjer.
- 3 000 stölder av diesel ur fordon och drygt 300 stölder från större tankar per år. Denatureringsmedel och färgsättning kan motverka och avskräcka mänsklig konsumtion.
- Människor kan känna lukten av etanol vid koncentrationer på 100 ppm eller mer i luft. Hälsoeffekter är kända vid luftkoncentrationer på över 3 000 ppm, varför risken för hälsoeffekter genom lufttransporten generellt bör vara liten. Gränsvärdet för långvarig exponering (1 000 ppm) är högre för etanol än för metanol (200 ppm) och bensin (300 ppm).
- Vid etanolspillolyckor skall andningsskydd (SCBA) användas



## Ekotoxicitet

- Metanol och etanol anser inte vara toxiska i sig för vattenlevande djur och växter.
- Alkoholer är till skillnad från diesel och bensin lösliga i vatten.
- Metanol och etanol bryts ner snabbt i mark, grund- och ytvatten. Halveringstiden för etanol i dessa miljöer uppskattas till mellan 0,1 och 10 dagar.
- Nedbrytningen av etanol konsumerar syre om det finns tillgängligt och producerar metan om syre inte finns tillgängligt. Detta kan leda till syrebrist i vatten och en explosionsrisk om processen sker i slutna områden under jord, där metankoncentrationerna kan nå höga nivåer.
- Om etanol ingår i en blandning med bensin (som t.ex. E 85) kan den bidra till att minska viskositeten hos bensinen och därmed bidra till att den lättare sprids.
- Den kan även påverka den hastighet med vilken bensinen bryts ner, dock är existerande studier motsägelsefulla, med stöd både för minskad och ökad nedbrytning.



## Tillstånd

- ... för att lagra brandfarliga vätskor - söks hos räddningstjänsten som organisatoriskt ligger som en kommunal verksamhet
- ... Enligt NFS 2017:5 ska anläggningsägaren informera tillsynsmyndigheten, kommunens miljökontor, minst 4 veckor innan installationen påbörjas av cisterner som rymmer mer än 1 m<sup>3</sup> brandfarlig vätska eller spillolja. Mer än 250 liter inom vattenskyddsområde för så kallade C-anläggningar..
- ... Generellt sett så krävs det byggnadstillstånd för att etablera en fast cistern (med visa undantag).

## Praktisk hantering

- Även om vi som personer och samhälle har stor erfarenhet av och kunskap om hantering av alkoholer som metanol och etanol så finns det utmaningar med att använda dessa inom nya områden
- Nuvarande hanteringskultur baserad på diesel. Behov av utbildning/kunskapsspridning med nytt drivmedel med annorlunda beteende
  - Att det är ett nytt, annorlunda drivmedel är ett problem i sig då vad som är lämpligt för diesel kan vara olämpligt för alkoholer.
  - Personlig erfarenhet från t.ex. spritkök eller konsumtion av etanol inte nödvändigtvis överförbar till stora volymer alkohol.
  - Tydlig och praktisk information om hantering av alkoholer och skillnader gentemot diesel är viktigt.
- Tillstånd
  - Eftersom rutiner och kunskaper inte är utarbetade genom hantering av många ärenden så blir varje nytt ärende unikt. Handläggare på olika myndigheter har därför väldigt lite utarbetad kunskap och kompetens inom området för just alkoholer.
  - Vid en bredare introduktion av alkoholer behöver information, utbildning och vägledning riktas till tjänstemän som praktiskt hanterar eller ska hantera dessa ärenden.
  - Förtydligande riktlinjer och samordning av de olika tillståndsärenden som behövs.

## Praktiska förutsättningar - sammanfattning

Flexibilitet				
	Självförsörjning	Produktionskällor	Användning	
Diesel	1	2	1	
Alkoholer	3	3	3	
Risker				
	Människa (direkt/indirekt)	Miljö	Vatten	Övr. luft- föroreningar
Diesel	1/1	1	1	1
Alkoholer	1/3	3	3	3
Hantering				
	Flampunkt	Brand	Energitäthet	Existerande produktion
Diesel	3	1	3	3
Alkoholer	2	1	2	3

1 sämre  
3 bättre





# Ekonomi

## Använda parametrar

- **Ränta:** 5 %
- **Avskrivningstid:** 12 år för cisterner, 5 år för övrig utrustning
- **Underhåll:** Diesel / HVO 1,5 %; Alkoholer 2 % av investeringskostnaden

## Antaganden

- Transport:
  - För transport till cisterner på 15 m<sup>3</sup> är frakten i Mellansverige (Skara / Södertälje) cirka 0,30 SEK / liter och norr som Skellefteå cirka 0,65 SEK / liter. För småskaliga pickuptransporter ingår ingen kostnad
- Lagring:

• Liten skala, 450/330 L	Kostnad	31 000/120 000 SEK (Diesel / Alkoholer)
• Mellanskala, 10 000 L	Kostnad	300 000 / 357 000 SEK
• Stor skala, 32 000 L	Kostnad	505 000 SEK
- Räddningstjänsten (exempel):
  - Grundavgift 3 000 SEK plus ärendehantering ca 8 timmar x 910 SEK
- Tankinspektion (exempel):
  - 10 kbm 11,740 SEK och 32 kbm 17 130 SEK per gång

## Besiktning

- Cisterner besiktigas vart 3, 6 eller 12 år.
  - I tillståndet står hur ofta cisternerna måste besiktigas.
  - Man kan via materialval eller epoxibehandling förlänga tiderna upp till 12 år mellan besiktningsarna.
  - Men problemet är att det inte är samma epoxibehandling för diesel, HVO, etanol, metanol eller för blandningar.
  - Och eftersom ingen idag vet vilka drivmedel som gäller om 3 eller 6 år kan det vara ekonomiskt bättre att välja en cistern utan epoxibehandling och därmed välja tätare besiktningsintervall.
  - Besiktningen tar ca 4 timmar per gång om cisternen ej behöver tömmas, den måste vara tom vid besiktning.

Tillstånds- och tillsynskostnaderna betydligt högre för alkoholer jämfört med diesel, ca 320 % högre kostnad för 10 kbm cistern. Till detta ska läggas en betydande handläggarsäkerhet för att handlägga och tillståndsgiva för drivmedel som inte är diesel. En osäkerhet som grundar sig på ovana och därmed bristande rutin att hantera och handlägga andra drivmedel än de idag konventionella.

## Skotare

2 skift = 14 timmar / dag

	Diesel	HVO	Metanol 100	Etanol 100
Dagar per cistern	3.7	3.4	1.3	1.6

## Traktor

7 timmar / dag

	Diesel	HVO	Metanol 100	Etanol 100
Dagar per cistern	160	148	78	92

## Hjullastare

7 timmar / dag

	Diesel	HVO	Metanol 100	Etanol 100
Dagar per cistern	407	377	199	235

## Sammanfattning ekonomi

Kostnader kr per kWh för olika typfall och kostnadslag. Varje exempelmaskin har olika förutsättningar för drivmedelsförsörjning

Exempelmaskin:	Skotare				Hjullastare			Traktor		
Energiförbrukning per år, kWh:	230 305				161 949			38 766		
Diesel, årskostnad, SEK :	100 512				111 176			36 825		
	Grundpris	Transport	Rä, Uh, Av	Totalt	Transport	Rä, Uh, Av	Totalt	Transport	Rä, Uh, Av	Totalt
Diesel	0,356	0,063	0,017	0,436	0,044	0,287	0,686	0,029	0,565	0,950
HVO 100	0,713	0,068	0,017	0,799	0,047	0,287	1,047	0,031	0,565	1,309
Etanol 5%, 95% Diesel	0,379	0,066	0,017	0,462	0,045	0,287	0,711	0,030	0,565	0,974
Metanol 3%, 97 % Diesel	0,370	0,065	0,017	0,452	0,045	0,287	0,702	0,030	0,565	0,965
Etanol 100 % (94%)	0,862	0,050	0,052	0,964	0,050	0,461	1,373	0,050	0,880	1,792
Metanol 100 %	0,810	0,129	0,069	1,008	0,060	0,512	1,382	0,060	0,984	1,853
ED95	0,920	0,054	0,052	1,026	0,054	0,461	1,435	0,054	0,880	1,854
MD95	0,862	0,137	0,069	1,069	0,063	0,512	1,438	0,063	0,984	1,909

OBS vid låginblandning av alkohol bedöms drivmedlet kunna hanteras som fossil diesel. Kostnader för tillsyn och tillstånd inkluderade i Rä,Uh,Av

# Drivlinor

Snittverkningsgrad

- ★ SOFC
- ★ PPC & HCCI

Förbränningsmotorer

- Diesel – Dieselcykel
- Otto – Ottocykel
- PPC – Partiellt förblandad förbränning
- HCCI – Homogenförbränning

Bränsleceller

- PEM – PEM bränsleceller
- DMFC/DEFC – Direkt (metanol/etanol) bränsleceller
- SOFC – Fastoxidsbränsleceller

- ★ Diesel
- ★ Otto

- ★ PEM (M)
- ★ DMFC
- ★ PEM (E)
- ★ DEFC

Möjlighet att variera uteffekt

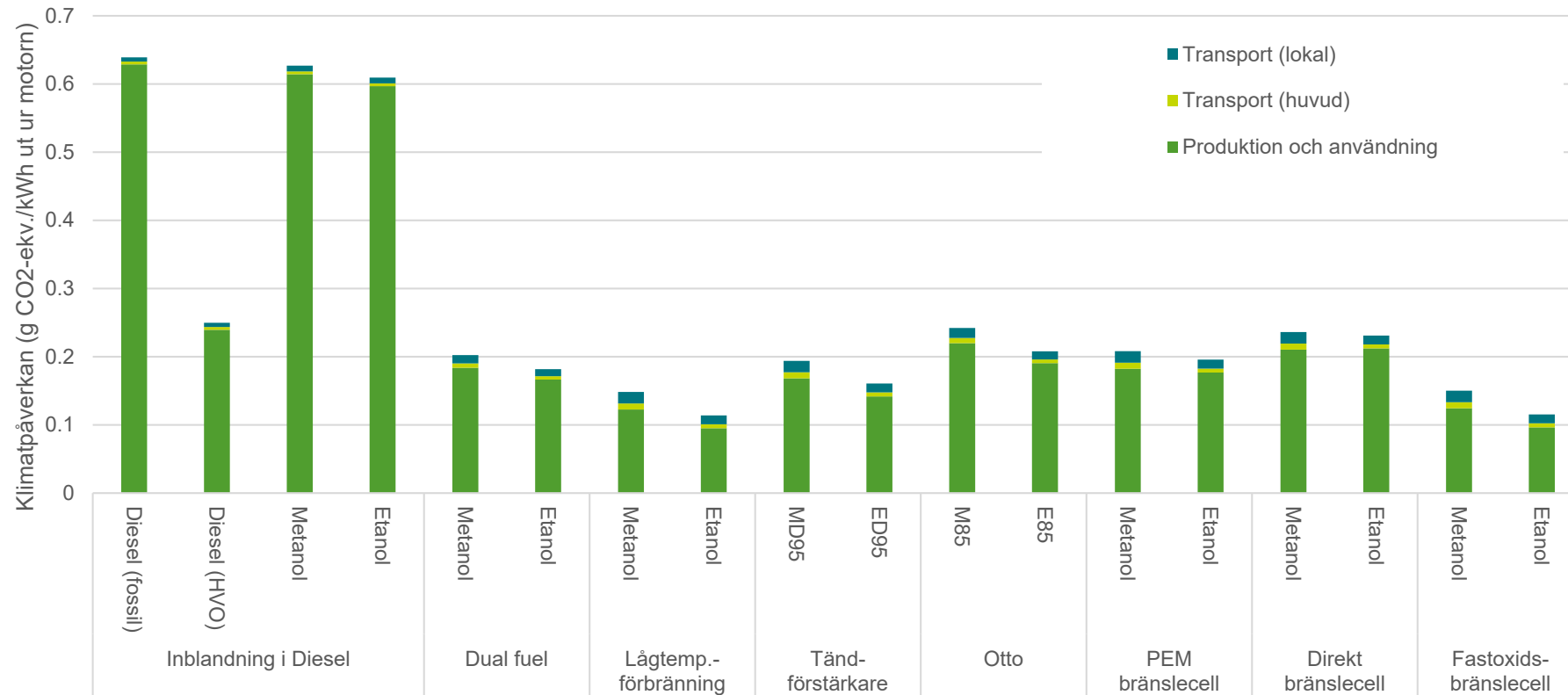
Traktor, plöjning

Hjullastare,  
materialflytt

Skotare, lastning



# Klimatpåverkan inkl. användning och transport



## Miljöpåverkan vid användning

- Utsläpp baserat på lagkrav, med maxutsläpp för specificerad körcykel, då ej finns ekonomiska incitament att bygga bättre. Samma lagkrav gäller för samtliga arbetsfordon
- Snabba förändringar i eftersträvd effekt, framförallt ökning, kan bidra till problem med att förse motorn med tillräcklig mängd luft, vilket ger upphov till hög utsläpp av kolmonoxid och partiklar.
- Alkoholer innehåller syre i drivmedlet → lindrar dessa effekter
- I praktiken kommer den verkliga körcykeln att vara annorlunda.
  - Jordbruket ofta relativt jämn belastning.
  - Skogsmaskiner har en relativt jämn belastning
  - Entreprenadmaskiner är oftare mer ojämnt belastade ← Störst nytta med alkoholer
- Alkoholer ger generellt upphov till större utsläpp av aldehyder och mindre utsläpp av aromater än Diesel.

## Sammanfattning

- Att använda alkoholbränslen i Dual fuel-tillämpning reducerar dieselanvändningen med över 50 procent. Diesel behövs för att starta förbränningen, därefter körs maskinen på alkoholer.
- En blandning av 95 procent alkoholer och ungefär fem procent lättantändliga bränslen kan ersätta diesel helt. Tekniken finns för bussar och lastbilar (Scania) och kan anpassas för arbetsmaskiner.
- Tändstiftsmotorer/ottomotorer kan drivas helt av alkoholer. Motorerna passar alkoholernas egenskaper och ger, med alkoholer, en verkningsgrad som väl konkurrerar med dieselmotorns.
- Motorer baserade på lågtemperaturförbränning förenar de bästa egenskaperna hos traditionella bensin- och dieselmotorer: hög verkningsgrad och låga utsläpp av partiklar och NO<sub>x</sub>. Tekniken måste förfinas för arbetsmaskinernas krävande användningsområden.
- Bränsleceller, särskilt högtemperaturbränsleceller, har en hög verkningsgrad med alkoholer (Serenergy). Denna lösning lämpar sig inte direkt i fordonet, men kan fungera som elgenerator på en mobil laddplats.



## Sammanfattning (ii)

- Alkoholer är vanligt förekommande kemikalier, med identifierade risker och väl etablerade metoder för hantering (i sina sammanhang)
- Men viktigt att lägga in utbildningsinsatser för att lyfta fram egenskaper som skiljer sig från Dieselns.
- Begränsad påverkan av drivmedelsutsläpp vid olyckor.
- Brandrisker jämförbara med bensinens, men högre än Dieselns. Små bränder (~ från fordon) relativt lättare att hantera, stora bränder (~ bränsledepå) relativt svårare att hantera



## Sammanfattning (iii)

Typfallen visar att alkoholer fungerar bättre med hög lokal konsumtion:

- Extra kostnader fördelade på mer bränsleförbrukning kWh
- Samma / liknande miljöfördel
- Bränsleanvändning är högst vid användning i skog. Den kan därför vara den sektor där det är lättast och mest användbart att introducera

