

Marknadspotential för metandieseldrift hos arbetsmaskiner, tågtrafik och sjöfart



© Volvo CE

Staffan Johannesson och Lotta Göthe
Miljöbyrån Ecoplan AB

Januari 2011

SGC:s FÖRORD

FUD-projekt inom Svenskt Gastekniskt Center AB avrapporteras normalt i rapporter som är fritt tillgängliga för envar intresserad.

SGC svarar för utgivningen av rapporterna medan uppdragstagarna för respektive projekt eller rapportförfattarna svarar för rapporternas innehåll. Den som utnyttjar eventuella beskrivningar, resultat eller dylikt i rapporterna gör detta helt på eget ansvar. Delar av rapport får återges med angivande av källan.

En förteckning över hittills utgivna SGC-rapporter finns på SGC:s hemsida www.sgc.se.

Svenskt Gastekniskt Center AB (SGC) är ett samarbetsorgan för företag verksamma inom energigasområdet. Dess främsta uppgift är att samordna och effektivisera intressenternas insatser inom områdena forskning, utveckling och demonstration (FUD).

SGC har följande delägare: Energigas Sverige, E.ON Gas Sverige AB, E.ON Sverige AB, Göteborg Energi AB, Lunds Energikoncernen AB (publ) och Öresundskraft AB.

Följande parter har gjort det möjligt att genomföra detta utvecklingsprojekt:

AGA Gas AB
E.ON Gas Sverige AB
Fordonsgas Sverige AB
Lunds Energikoncernen AB
Malte Månson AB
Öresundskraft AB
Statens energimyndighet

SVENSKT GASTEKNISKT CENTER AB



Jörgen Held

SAMMANFATTNING

Denna rapport har sammanställt och bedömt marknadspotentialen för att utveckla metandieselteknik på ett övergripande plan inom segmenten Arbetsmaskiner, Lok och Motorvagnar samt Sjöfart.

Arbetsmaskiner

- Klassning och godkännande enligt EU-direktiv omfattar inte metandieselmotorer - eller några gasmotorer alls – såvida de inte kan certifieras för dieseldrift. Därmed kommer fordon att behöva godkännas styckvis. Stora serier av metandieselmaskiner kommer att bli svårt att få godkända. Runt 2018 kan kanske ett direktiv finnas på plats med tanke på den långa ledtid som processen normalt har. Detta torde vara den största enskilda hotet mot utveckling av arbetsmaskiner i större serier.
- Distribution av bränsle till de platser där arbetsmaskinerna används är en kritisk fråga. Maskinerna används projektvis och ofta på otillgängliga platser samtidigt som de inte är lämpliga för att köra längre sträckor. Distributionen kan lösas tekniskt men kräver hög användning av bränsle på arbetsplatsen för att bära merkostnaden. Det är viktigt att det utvecklas tankställen som har låg investeringskostnad men med tillräcklig kapacitet och funktionalitet att kunna betjäna arbetsmaskiner.
- Det finns flera arbetsmaskiner som förbrukar mycket bränsle per maskin samtidigt som den totala bränsleförbrukningen är hög, t.ex. entreprenadmaskiner, som mobilkranar, hjulastare och grävmaskiner. Men för att få ihop allting i ett projekt där motorutveckling av flera olika sorters maskiner utvecklas parallellt och att infrastrukturen löses samtidigt kräver ett stort mått av entreprenörskap för att få till stånd.
- De arbetsmaskiner som kan utnyttja befintlig infrastruktur för gas bedöms ha lägst tröskel för marknadsintroduktion eftersom infrastrukturfrågan kan anses vara löst och att projektet därmed "endast" omfattar produktutveckling av arbetsmaskinen. I andra hand är det arbetsplatser där arbetsmaskiner används stationärt som blir aktuella. Bygg- och anläggningsarbeten bedöms vara det svåraste segmentet för en gasmarknad för arbetsmaskiner.

Lok och motorvagnar

- Dieseldrivna lok och motorvagnar är i Sverige en marknad på nedgång eftersom elektrifieringen nått långt och fortsätter. Samtidigt kan varje enskild systemtrafik eller passagerarlinje ha potential för att kunna nå rimlig ekonomisk bärighet om dels trafiken är tillräckligt stor, dels om loken passar för konvertering både tekniskt och åldersmässigt. Alltså måste bedömning av potential göras i varje enskilt fall.

Sjöfart

- LNG för fartygstrafik är mycket aktuellt och är mycket intressant:
 - Det finns regelverk som driver på utvecklingen
 - Initiativ för utbyggd infrastruktur för LNG i hamnar är på gång

- o Erfarenheter av LNG-drift i fartyg finns.
 - o Mycket stora potentiella volymer gas.
- Man kan därmed förutsätta att denna utveckling kommer att äga rum ganska snabbt de närmaste åren.
- Sjöfart bedöms vara steg 1 för utbyggnad av infrastruktur för flytande gas. Denna utbyggnad kan hjälpa andra segment att utvecklas.

Hubb som möjliggörare

- Möjligheten att kunna använda en hubb där flera olika sorters maskiner och trafikslag används på begränsad yta har studerats i följande fall:
 - o HUBB - Större infrastrukturprojekt
 - o HUBB - Mindre entreprenader
 - o HUBB - Hamnen
- Studierna gällande entreprenad-hubbar visar på att även förhållandevis stora entreprenader och arbeten sällan har så många maskiner samlade på en plats att det utgör ett underlag för ett gemensamt tankställe. Dessutom tillkommer komplexiteten att få många olika typer av maskiner - som ägs av många olika underleverantörer - konverterade och använda på en och samma arbetsplats.
- Hamnen som hubb omfattar flera olika trafikslag som var för sig kan vara intressanta. Eftersom varje trafikslag har sin ledtid och utvecklingsprocess föreslås fokus snarare ligga på att hitta möjligheten för respektive trafikslag snarare än att utveckla infrastruktur för alla trafikslag samtidigt.

INNEHÅLL

Sammanfattning	1
1 Introduktion.....	5
1.1 Bakgrund och syfte	5
1.2 Avgränsningar	5
1.3 Metod.....	6
2 Arbetsmaskiner	8
2.1 Introduktion - Arbetsmaskiner.....	8
2.2 Antal arbetsmaskiner	8
2.3 Utsläpp från arbetsmaskiner	9
2.4 Tekniska aspekter	12
2.5 Regelverk - Arbetsmaskiner	14
2.6 Traktorer	16
2.7 Infrastruktur för arbetsmaskiner	18
2.7.1 Tekniska lösningar på mobila tankställen	18
2.7.2 Kostnader och behov av underlag för tankställe	18
2.8 Slutsatser marknadspotential för arbetsmaskiner	19
3 Lok och motorvagnar	20
3.1 Introduktion – lok och motorvagnar	20
3.2 Motorvagnar	22
3.3 Lok.....	23
3.4 Tekniska aspekter gällande installation av Metandiesel-teknik och gastankar på lokomotiv och motorvagnar.....	23
3.5 Regelmässiga aspekter för lok och motorvagnar.....	23
3.6 Infrastruktur lok och motorvagnar.....	23
3.7 Slutsatser marknadspotential för lok och motorvagnar	24
4 Sjöfart.....	25
4.1 Regelverket driver utvecklingen.....	25
4.2 Slutsatser marknadspotential för sjöfart	26
5 HUBB – en möjliggörare	27
5.1 Fallstudie – Större infrastrukturprojekt Hallandsåsen	27
5.2 Fallstudie – Mindre entreprenader.....	28

5.3	Fallstudie – Hamnen	29
5.3.1	Göteborgs hamn - fakta och organisation	29
5.3.2	Krav och behov	30
5.3.3	Potential i hamnens egen maskinpark	30
5.3.4	Tåg, sjöfart samt fordon till och från hamnen	31
6	Analys och Slutsatser	32

1 INTRODUCTION

1.1 BAKGRUND OCH SYFTE

Fordon och maskiner med gasdrift är ett område som utvecklats snabbt de senaste åren. Personbilar och lastbilar är fordonstyper som redan idag är etablerade eller under etablering som ett reellt alternativ på marknaden.

De aktörer som verkar på marknaden har en rad faktorer att ta hänsyn till vid valet av vad som bör satsas på. Faktorer som teknikval, infrastruktur för gas, marknadssegmentens villkor och regelverk påverkar både kostnader och praktiska möjligheter för marknadsetablering. I det av Svensk Gastekniskt Center administrerade projektet togs det fram en översikt över arbetsmaskiner, tåg och fartyg, för att se vilka segment som kan vara realistiska att komma på marknaden de närmaste åren.

Dieselmotorer är en beprövad teknik som utmärks av driftsäkerhet, lågt servicebehov, hög verkningsgrad och därmed låga koldioxidutsläpp. Diesel-teknikens nackdelar gäller främst utsläpp av kväveoxider och partiklar, men tillåtna utsläppsnivåer för dess emissioner är så pass höga att det tekniskt går att klara dessa nivåer utan att produktkostnaderna skenar för dieselmotorer, samtidigt som konventionella tändstiftsmotorer inte kunnat hävda sig i tyngre applikationer på grund av lägre verkningsgrad, högre bränslekostnader och ett högre servicebehov.

Metan-dieselteknik bedöms som en stark potentiell utmanare till dieselmotorerna tack vare att dieselmotorns verkningsgrad endast minskar något, samtidigt som robustheten i motorn kvarstår och möjlighet finns att enbart köra på diesel om gassystemet mot förmodan fallerar, eller om man kör slut på gas.

1.2 AVGRÄNSNINGAR

Genomgående har Ecoplan i huvudsak använt sig av offentlig statistik och tillgängliga rapporter för att samla information för denna studie. Utöver det har i viss mån olika experter och branschföreträdare intervjuats för att få fram annan information där detta har behövts.

Arbetsfordon, fartyg och tåg är ett mycket brett område samtidigt som studien var resursmässigt begränsad. Arbetet genomfördes därför i tre steg, där målet var att studien fokuserades på de mest troliga marknadssegmenten. Denna studie är därför inte helt uttömmande, så segment som inte lyfts fram i denna rapport behöver därför inte vara ointressanta ur marknadssynpunkt.

I denna rapport görs ingen ingående teknisk beskrivning men för att kunna göra bedömningar av marknadspotentialer görs följande antaganden gällande tekniken, ekonomi och marknadsförutsättningar:

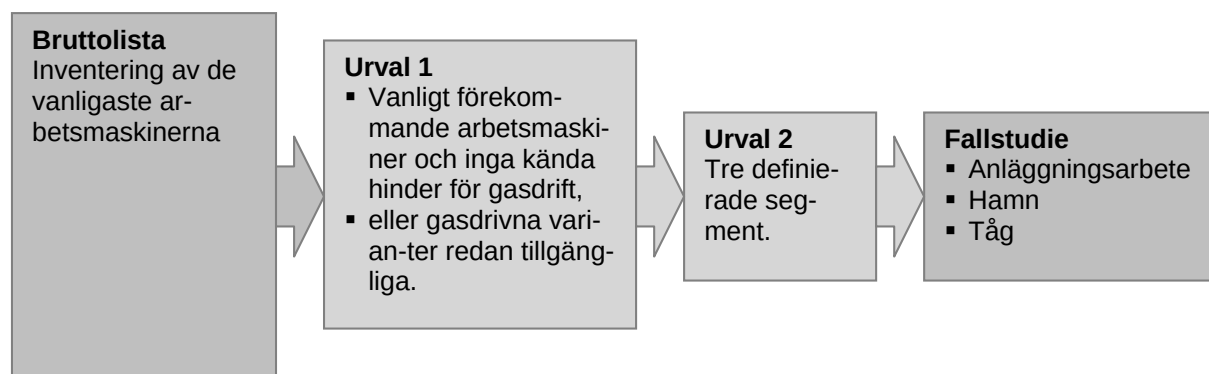
- Inblandning i förhållandet 70 % gas och 30 % diesel räknat på energiinnehåll kan uppnås. Samma serviceintervall för metan-dieselmotorer som för konventionella dieselmotorer.
- Tekniken ger möjlighet att köra motorn på enbart diesel.

- Bränslekostnaden blir samma eller upp till 15 % lägre för metan-dieselmotorer som för MK1 diesel.
- Metan-dieseltekniken bedöms som lämplig applikation för arbetsmaskiner lok och fartyg, speciellt med tanke på förhållandevis hög, jämn belastning vilket även bekräftats i flera samtal med teknikkunniga inom området.
- Principiellt gör flytande gas att tankarna kan göras mindre med bibehållen räckvidd/drifttid i förhållande till komprimerad gas. I denna studie bedöms dock den tekniska utmaningen att packa bränsletankarna på fordonet som jämbördig mellan de två alternativen på grund av dubbla bränsletankar och mindre flexibilitet att flytta tankanslutningarna, och på grund av de begränsade utformningsmöjligheterna för LNG-tankar (hålls kompakta för att minimera uppvärmningen av bränslet).

1.3 METOD

För att komma fram till vilka segment som skulle belysas djupare, avgränsades området i flera steg genom urval. Avslutningsvis drogs sedan generella slutsatser av hur den mest troliga utvecklingen av marknaden kommer att se ut.

Figur 1. Arbetsmetod för studien



Bruttolista: I ett första steg intervjuades företrädare för olika branscher för att få en grov bild över vilka arbetsmaskiner som finns i bruk idag inom följande branscher:

- Văganläggning
- Văgunderhåll & gatuförvaltning
- Skogsbruk
- Jordbruk
- Flygplats
- Hamn
- Gruvindustri
- Byggarbetsplatser
- Sophantering
- Tillverkningsindustri

Detta sammanställdes i en bruttolista, som återfinns i bilaga 1.

Det finns redan tillgängliga lok och fartyg som går på gas, vilket gjorde de segmenten intressanta att studera vidare. Därför gjordes en genomgång av rapporter och sammanställningar över fartyg och tåg samt tillgänglig statistik över bränsleförbrukning och emissioner.

Urval 1: I det första urvalet gjordes en bedömning av vilka arbetsmaskiner som kunde förmodas ha en sammantaget stor förbrukning av bränsle genom att de användes frekvent, antingen i flera branscher eller mycket inom en bransch. En första rent praktisk bedömning av om gas kunde vara ett alternativ gjordes också, exempelvis ströks skotare då de av gasinfrastrukturskäl inte antogs vara lämpliga.

Urval 2: Arbetsmaskiner är normalt inte byggda för att köras längre sträckor. Tåg och fartyg är begränsade till räls samt vattenvägar. Därför behövs tillgång till gas i direkt anslutning till exempelvis väganläggning, byggarbetsplatser, bangårdar eller hamnar. För arbetsmaskiner betyder det att tankningen måste ske mobilt, då arbetsplatserna ständigt flyttas. Ingen enskild typ av arbetsmaskin kan antas på egen hand tänkas bära kostnaden för en mobil gasinfrastruktur, då den ekonomiska besparingen per fordon är ganska låg. I sista urvalet valdes därför metoden att välja ut ”hubbar”, där stora volymer bränsle förbrukas på samma ställe.

Fallstudie: Tre fall studerades närmare där dels mycket arbetsmaskiner användes, dels tåg och båt som separata fall. Parametrar som studerades var vilka maskiner och fordon som förekommer, hur strukturen ser ut och uppskattning av vilka mängder bränsle som används.

2 ARBETSMASKINER

2.1 INTRODUKTION - ARBETSMASKINER

I begreppet arbetsmaskiner inkluderas ett brett spann av maskiner såsom entreprenadmaskiner, skogsmaskiner, traktorer, truckar etc. De delas in i flera olika undergrupper och indelningen varierar beroende på vem som är avsändaren. Detta arbete har huvudsakligen följt Naturvårdsverkets indelning av arbetsmaskiner enligt nedan, men även använt andra definitioner och klasser när underlag hittats före dessa.

Dessutom finns det ytterligare kategorier av arbetsmaskiner såsom t.ex. grönytemaskiner, redskapsbärare, gatusopsmaskiner etc.

Användningen av arbetsmaskiner skiljer mycket både mellan kategorierna men även inom samma kategori. En hjullastare kan ha stor rörlighet mellan anläggningsarbeten, men också användas stationärt, till exempel vid grusgropar eller i sågverk.

Tabell 1. Arbetsmaskiner och dess huvudsakliga undergrupper

<i>Arbetsmaskin</i>	<i>Huvudsakliga undergrupper</i>
Traktorer	jord- och skogsbrukstraktorer Industritraktorer Samhällstraktorer
Skogsmaskiner	Skotare Skördare
Entreprenadmaskiner	Hjullastare Grävlastare Minigrävmaskiner Bandgrävmaskiner Hjulgrävmaskiner Kompaktlastare (skidsteerlastare) Dumprar Mobilkranar Övrigt, bl.a. tipptruckar, bandlastare, bandschaktare, väghyvlar, asfaltutläggare och vältrar
Truckar	Teleskoptruckar Motviktstruckar

2.2 ANTAL ARBETSMASKINER

I Sverige finns cirka 290 000 dieseldrivna arbetsmaskiner enligt den sammanställning som Naturvårdsverket gjorde 2006. Överlägset flest maskiner finns inom jord- och skogsbruket. Traktorn är den allra vanligaste arbetsmaskinen med 196 000 traktorer. Inom entreprenader är det vanligaste fordonet en hjullastare (9 500 st.) följt av grävlastare och bandgrävmaskin.

*Tabell 2. Antal arbetsmaskiner i Sverige. Källa: Naturvårdsverket rapport 5728
"Arbetsmaskiner", sept. 2007*

År	ME ¹ 2000	EMMA ² 2002	SMED ³ 2002	Aktuell bedömning 2006
Traktor		325 719 ⁴	152 000	196 000
Skördetröska			35 000	35 000
Skotare		2 400	3 500	2 800
Skördare		2 000	3 300	2 500
Hjullastare	10 500	12 000	9 000	9 500
Grävlastare	6 000		3 900	7 400
Minigrävmaskin ⁵	5 700 ⁶	14 000 ⁷		5 500
Bandgrävmaskin ⁵			4 100	7 200
Hjulgrävmaskin	2 400		1 600	6 700
Kompaktlastare	1 600		900	1 400
Dumper	1 200		820	1 100
Mobilkran	1 200	1 400	890	890
Truck			8 500	9 200
Övrigt			5 200	4 000
Totalt			230 000	290 000

¹ Bedömning av Maskinentreprenörernas Förening (Flodström et al., 2004 och Wetterberg, 2002). Ingen effektindelning angiven.

² Bedömning inom EMMA-projektet (Wetterberg, 2002). Ingen effektindelning angiven.

³ Bedömning enligt Svenska MiljöEmissionsData, SMED (Flodström et al., 2004). Endast dieseldrivna maskiner i effektintervallet 37-560 kW har inkluderats.

⁴ Omfattar även bensin- och gasoldrivna traktorer samt traktorer med motoreffekt < 37 kW.

⁵ Med minigrävmaskiner avses bandgrävmaskiner < 6 ton, resterande (> 6 ton) återfinns som bandgrävmaskiner.

⁶ Avser summan minigrävmaskiner + bandgrävmaskiner.

⁷ Avser grävlastare + samtliga övriga grävmaskiner.

Gällande effektlägen på arbetsmaskiner noteras att skördare, hjullastare, bandgrävmaskiner och dumper oftare tillhör det högre effektintervallet på 130-560 kW, se tabell 3 nedan. Hjulgrävmaskiner och grävlastare ligger oftast i spannet 75-130 kW. Truckar säljs mest i lägre effekt-nivåer men trots det har det i genomsnitt sålts 84 truckar med effekt 130-560 kW under åren 2000-2006.

2.3 UTSLÄPP FRÅN ARBETSMASKINER

Relevant för denna studie är vilka fordon som körs mycket och som förbrukar mycket diesel. Totalt bedöms av Naturvårdsverket mängden diesel som förbrukas av arbetsmaskiner vara 880 000 ton per år, se tabell 4 nedan.

Tabell 3. Antal sålda dieseldrivna skogsmaskiner, entreprenadmaskiner och truckar i Sverige åren 2000-2006 fördelat på motoreffekt (medelantal/år)¹ Källa: Naturvårdsverket rapport 5728 "Arbetsmaskiner", sept. 2007

	Effekt(kW)		
	37-75	75-130	130-560
Skogsmaskiner			
Skotare	0	224	67
Skördare	0	113	151
Entreprenadmaskiner			
Hjullastare	103	296	247
Grävlastare	9	195	0
Bandgrävmaskiner	102	177	146
Hjulgrävmaskiner	31	271	0
Kompaktlastare	71	0	0
Dumper	0	0	40
Övrigt ²	83	52	31
Truckar³	431	164	84

¹ Siffrorna har räknats upp för att motsvara 100 % av försäljningen genom division med den försäljningsandel statistiken täcker in (skogsmaskiner=0,96, entreprenadmaskiner=0,95 förutom minigrävmaskiner=0,8 samt asfaltutläggare=0,7 och vältar=0,7 under övrigt, teleskoptruckar=0,6 och motviktstruckar=0,9). För mobilkranar finns ingen statistik tillgänglig.

² Med övrigt avses tipptruckar, bandlastare, bandschaktare, vägghylar, asfaltutläggare och vältar.

³ Med truckar avses motviktstruckar och teleskoptruckar och åren 2001-2006

Tabell 4. Beräknad bränsleförbrukning och utsläppsmängd från större dieseldrivna arbetsmaskiner 2006. Källa: Naturvårdsverket rapport 5728 "Arbetsmaskiner", sept. 2007

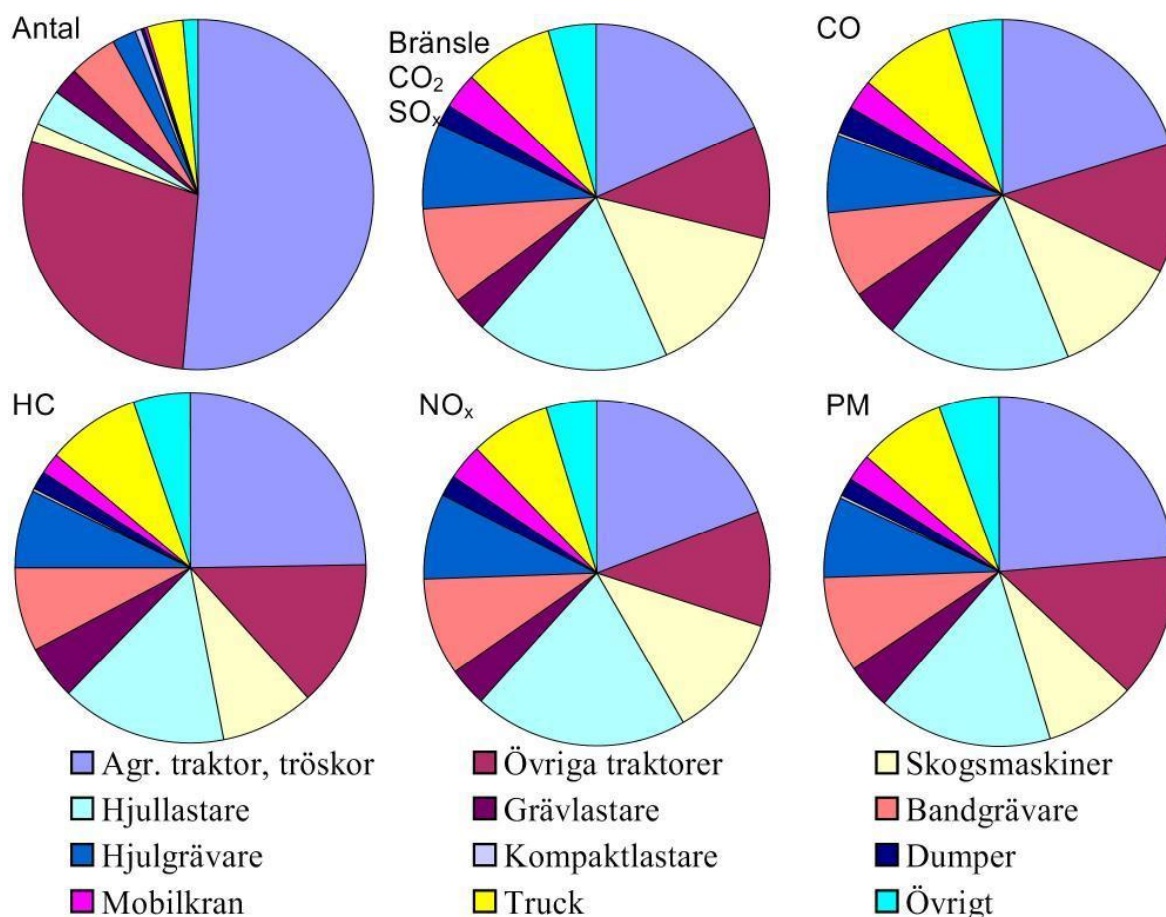
Årliga nivåer		
Antal maskiner	st	290 000
Bränsleförbrukning		880 000
CO ₂		2 800 000
CO		6 000
HC	ton/år	2 200
NO _x		23 000
PM		1 000
SO _x		1,8

Teoretisk potential för att ersätta diesel med fordonsgas skulle då motsvara ca 825 miljoner Nm³ fordonsgas eller ca 8 TWh per år om beräkningen baseras på:

- densitet Mk1 Diesel 818 kg/m³
- 1 m³ Diesel innehåller 9980 kWh
- 1 Nm³ biogas = 9,77 kWh
- Dieselsubstitution i metandieselmotorer = 75 %

Traktorerna och skördetröskorna som är helt dominerande i antal, förbrukar proportionellt inte lika mycket av den totala bränsleförbrukningen. De 231 000 traktorerna och skördetröskorna drar sammanlagt ungefär lika mycket bränsle som de 16 700 hjullastarna och bandgrävarna (se Diagram 1 nedan). Detta beror på att entreprenadmaskiner har en mycket hög drifttid jämfört med jordbruksmaskinerna, som körs mer säsongsvis. En jordbrukstraktor körs i snitt endast ungefär 500 timmar per år¹, det vill säga runt 60 arbetsdagar. Hela segmentet hjullastare förbrukar per år ca 159 000 ton diesel per år.

Diagram 1. Relativa bidrag från olika maskiner till de totala nivåerna av bränsleförbrukning, emissioner och antal. Källa: Naturvårdsverket rapport 5728 "Arbetsmaskiner", sept. 2007



För entreprenadmaskinerna beror bränsleförbrukningen dels på effekt, men även typ av maskin. De största enskilda förbrukarna är större mobilkranar och hjullastare.

¹ Källa: naturvårdsverket rapport 5728 "Arbetsmaskiner", sept. 2007

Tabell 5. Entreprenadmaskiner, förbrukning per maskintyp i Sverige. Bearbetad från Källa: Naturvårdsverket rapport 5728 "Arbetsmaskiner", sept. 2007

Maskintyp	Antal	Bränsleförbrukning ton/år	Förbrukning ton per år och maskin	Effekt kW
Mobilkran	670	25000	37,3	130-560
Hjullastare	3600	90000	25,0	130-560
Mobilkran	220	4000	18,2	75-130
Övriga	750	13000	17,3	130-560
Truck	1100	17000	15,5	130-560
Bandgrävare	2500	38000	15,2	130-560
Dumper	1000	15000	15,0	130-560
Hjullastare	4400	56000	12,7	75-130
Hjulgrävare	6000	65000	10,8	75-130
Övriga	1300	14000	10,8	75-130
Truck	2200	22000	10,0	75-130
Bandgrävare	3000	30000	10,0	75-130
Hjullastare	1500	13000	8,7	37-75
Hjulgrävare	690	4500	6,5	37-75
Dumper	80	520	6,5	75-130
Truck	5900	36000	6,1	37-75
Övriga	2000	12000	6,0	37-75
Bandgrävare	1700	7500	4,4	37-75
Grävlastare	7100	28000	3,9	75-130
Grävlastare	330	1000	3,0	37-75
Bandgrävare	5500	6700	1,2	<37
Kompaktlastare	1400	1300	0,9	37-75

Potentialen för minskning av klimatgaser erhålls tydligast om bränsleförbrukningen omräknas till koldioxidutsläpp, se tabell 6 på nästa sida.

2.4 TEKNISKA ASPEKTER

Jämfört med personbilar, lastbilar och bussar tillverkas arbetsmaskiner i lägre antal per modell. Detta innebär generellt större flexibilitet i produktionen och större möjlighet att genomföra projekt med inriktning på enstaka modeller. Samtidigt innebär det också att investeringen i motorutveckling och anpassning blir dyrare när kostnaderna slås ut på antalet enheter.

När det gäller placering av bränsletankar är bedömningen att detta i flera fall är mer utmanande än att konvertera själva motorn till gasdrift. För metandieselteknik behövs två gastankar, en för diesel och en för metangas i flytande eller komprimerad form. Men den allra största utmaningen blir i att ge gastankarna en säker placering på fordonet samtidigt som tankarna inte får störa sikten för föraren. Ett exempel på hur svårt det är visas i bilden nedan där XGMA, en kinesisk tillverkare gjort en hjullastare för CNG-drift. Installationen av tankar bedöms i detta arbete inte uppfylla de säkerhetsmässiga/arbets-miljömässiga kraven på hur gastankar kan placeras med tanke på förarens runtomsikt, se figur 2 nedan.

Tabell 6 . Antalet entreprenadmaskiner samt bränsleförbrukning och CO₂-utsläpp 2006. Källa: Naturvårdsverket rapport 5728 "Arbetsmaskiner", sept. 2007

Kategori	Effekt kW	Antal st	Bränsleförbr. ton/år	CO ₂ ton/år
Hjullastare	37-75	1 500	13 000	42 000
	75-130	4 400	56 000	180 000
	130-560	3 600	90 000	280 000
Grävlastare	37-75	330	1 000	3 100
	75-130	7 100	28 000	87 000
	130-560	0	0	0
Bandgrävare	< 37	5 500	6 700	21 000
	37-75	1 700	7 500	23 000
	75-130	3 000	30 000	93 000
	130-560	2 500	38 000	120 000
Hjulgrävare	37-75	690	4 500	14 000
	75-130	6 000	65 000	200 000
	130-560	0	0	0
Kompaktlastare	37-75	1 400	1 300	4 200
	75-130	0	0	0
	130-560	0	0	0
Dumper	37-75	0	0	0
	75-130	80	520	1 600
	130-560	1 000	15 000	48 000
Mobilkran	37-75	0	0	0
	75-130	220	4 000	13 000
	130-560	670	25 000	80 000
Truck	37-75	5 900	36 000	110 000
	75-130	2 200	22 000	68 000
	130-560	1 100	17 000	53 000
Övriga	37-75	2 000	12 000	37 000
	75-130	1 300	14 000	44 000
	130-560	750	13 000	41 000
Summa	37-560	53 000	500 000	1 600 000

*Figur 2. Exempel på placering av gastankar där tankarna skymmer sikten för föraren. ©
Xiamen XGMA Machinery Co., Ltd*



2.5 REGELVERK - ARBETSMASKINER

Idag gäller EU Steg IIIB för reglerade emissioner från arbetsmaskiner inom EU, vid försäljning av nyttillverkade arbetsmaskiner. Från och med 1 januari 2014 kommer EU Steg IV att gälla vilket främst innebär att utsläppen av NOx måste minska med 45 %.

Direktivet för arbetsmaskiner gäller dock enbart motorer med kompressionständning vilket gör att tändstiftsmotorer inte är omfattade, och att läget för metandieselmotorer inte är helt klart eftersom direktivet med testmetoder etc. är helt inriktat på dieseldrivna fordon.

Som första steg i att utveckla direktivet ligger nu hos kommissionen en begäran om att tydligt utesluta gasmotorer ur direktivet såvida inte motorerna genom metandieseldrift har möjlighet att köras på enbart diesel. I dessa fall skulle motorerna certifieras för dieseldrift och godkännas på denna basis. Denna förändring skulle kunna göra cirka 2014 med tanke på de ledtider som finns i denna process.

Planen för att uppdatera direktivet till att omfatta även gasdrivna fordon ligger därefter i ett andra steg på att först genomdriva förändringarna i direktivet för tunga on-road fordon för att därefter låta dessa regler föras över till arbetsmaskiner. Med de ledtider som gäller inom EU är en uppskattning att dessa förändringar tidigast kan göras ca 2018.

När det gäller ytterligare framtida ändringar i direktivet - som även inkluderar lok, motorvagnar och fartyg för inre vattenvägar - har arbetsgruppen enligt Magnus Lindgren (Trafikverket) föreslagit att samtliga landbaserade arbetsmaskiner ska klara Steg IV-krav. Dessutom finns diskussioner om att utöka effektkategorierna som täcks av direktivet till att även omfatta 0-8 kW, 8-19 kW samt >560 kW. Detta gäller både motorer som jobbar med konstant varvtal och variabelt varvtal. För allvarvsmotorerna sker dessa förändringar ca 2016 och för konstantvarvsmotorerna är det en infasning mellan 2016-2020.

Även testprocedurerna ändras något där de i särklass viktigaste förändringarna är införandet av NOx-kontroll, det vill säga åtgärder som gör det omöjligt för föraren att inte fylla på urea, och därmed säkerställa att utsläppen hålls på en önskvärd nivå även i verklig drift.

Trafikverket driver även på arbetet med att införa ett steg V och siktar där mot krav på partikelantal med en tänkt tidpunkt ca 2018-2020.

När det gäller utsläpp av klimatgaser finns inget helfordonsgodkännande för arbetsmaskiner som reglerar detta och inget sådant planeras heller. Däremot har kommissionen initierat en studie för att inventera bränsleförbrukning från arbetsmaskiner (inklusive lok, motorvagnar och fartyg) samt ta fram förslag på åtgärder för att minska förbrukningen. Denna studie initierades delvis på grund av ett allmänt politiskt klimattryck och dels genom att Sverige redovisade nationella projekt och åtgärder. Kommissionen planerar att hålla en workshop inom detta område under våren 2011.

Det finns även informella diskussioner inom Kommissionen att införa frivilliga åtaganden för industrin att genomföra effektiviseringsåtgärder och redovisa effekterna av dessa, i likhet med det frivilliga åtagandet personbilsindustrin hade för några år sedan.

Det finns även en arbetsgrupp inom ISO som jobbar med standardisering av bränsleförbrukningsmätningar för hjullastare och grävmaskiner och vars arbete baseras på en japansk metod. Samma metod diskuteras också i samband med att redovisa bränsleförbrukning av lastbilar.

Slutsatsen av ovanstående information gällande nuvarande och kommande lagkrav är att den största utmaningen är att direktivet inte omfattar metandieselmotorer. Därmed måste samtlig utveckling av maskiner och deras godkännande göras i nära samarbete med Transportstyrelsen och bedömningen är att det är svårt att få stora serier av produkter godkända eftersom godkännanden i avsaknad av reglemente behöver godkännas enskilt och bygga på att det är testfordon. Dessutom bedöms det reglemente som finns och planeras för konventionella motorer inte heller driva utvecklingen så hårt att konventionella dieselmotorer får svårt att klara lagkraven, vilket därigenom skulle ha ökat potentialen för alternativa bränslen som ett medel att kostnadseffektivt klara strängare lagstiftning. Lagstiftningen driver snarare små stegvis förbättringar av konventionell dieselteknik.

De initiativ som drivs gällande klimatfrågan och redovisning av bränsleförbrukning kan på ett mjukt sätt driva utvecklingen åt att öka intresset för alternativa bränslen och drivlinor. Dock förefaller ledtiderna vara för långa för att detta skall hjälpa till att skapa marknadsdriv på utvecklingen av fordon för nya bränslen. Inom ramen för denna rapport görs därmed bedömningen att det snarare är den ekonomiska konkurrenskraften för ett nytt bränsle och marknadskrafter i form av beställares egna klimatåtaganden och upphandlingskrav som kommer att drabba maskinleverantörer innan de formella lagkraven blir för svåra att uppfylla.

Tabell 7. Utsläppskrav inom EU för dieseldrivna arbetsmaskiner och jord- och skogsbruks-traktorer. Källa: Naturvårdsverket rapport 5728 "Arbetsmaskiner", sept. 2007

Motoreffekt	Från och med	CO	HC	NO	PM
[kW]		[g/kWh]			
Steg I					
37 P < 75	1999.04/2001.07	6,5	1,3	9,2	0,85
75 P < 130	1999.01/2001.07	5,0	1,3	9,2	0,70
130 P < 560	1999.01/2001.07	5,0	1,3	9,2	0,54
Steg II					
18 P < 37	2001.01/2002.01 ^a	5,5	1,5	8,0	0,80
37 P < 75	2005.01/2004.01 ^a	5,0	1,3	7,0	0,4
75 P < 130	2003.01/2003.07 ^a	5,0	1,0	6,0	0,3
130 P < 560	2002.01/2002.07 ^a	3,5	1,0	6,0	0,2
Steg III A					
19 P < 37	2007.01	5,5		7,5 ^b	0,6
37 P < 75	2008.01	5,0		4,7 ^b	0,4
75 P < 130	2007.01	5,0		4,0 ^b	0,3
130 P < 560	2006.01	3,5		4,0 ^b	0,2
Steg III B					
37 P < 56	2013.01	5,0		4,7 ^b	0,025
56 P < 75	2012.01	5,0	0,19	3,3	0,025
75 P < 130	2012.01	5,0	0,19	3,3	0,025
130 P < 560	2011.01	3,5	0,19	2,0	0,025
Steg IV					
56 P < 130	2014.10	5,0	0,19	0,4	0,025
130 P < 560	2014.01	3,5	0,19	0,4	0,025

a Gäller traktorer.

b NO_x + HC

Steg IIIB innebär en drastisk sänkning av partikelutsläppen till 0,025 g/kWh, vilket är en minskning med 90 % jämfört med steg II. För att klara dessa krav kommer det i de flesta fall att krävas partikelfilter. I och med steg IV införs krav på NO_x-reduktion till 0,4 g/kWh, vilket förväntas leda till att det även kommer att krävas NO_x-efterbehandling.

2.6 TRAKTORER

Storleken på traktor-segmentet och intresset för detta motiverar ett eget kapitel gällande traktorer som en delmängd av arbetsmaskinerna. Idag finns det redan traktorer med metandiesel-teknik utvecklade och under test och det finns intresse att utveckla marknaden.

Det totala underlaget gällande dieseldrivna traktorer återfinns nedan i tabell 8.

Tabell 8. Antalet jord- och skogsbruksmaskiner samt bränsleförbrukning och CO₂-utsläpp 2006. Källa: Naturvårdsverket rapport 5728 "Arbetsmaskiner", sept. 2007, delar av tabell

Kategori	Effekt kW	Antal st	Bränsleförbr. ton/år	CO ₂ ton/år
Jord- och skogsbrukstraktor	37-75	90 000	67 000	211 000
	75-130	22 000	67 000	210 000
	130-560	1 900	13 000	42 000
Samhällstraktor	37-75	51 000	13 000	41 000
	75-130	4 900	13 000	41 000
	130-560	420	3 900	12 000
Industritraktor	37-75	21 000	31 000	97 000
	75-130	3 900	19 000	59 000
	130-560	1 100	13 000	40 000

Gällande traktorer finns en specifik studie gjord för Biogas Syd, "Biogasdrivna Dual Fuel-traktorer i jordbruk, entreprenader och kommuner, delrapport, november 2010" som jobbat fram underlag gällande teknik och marknadsförutsättningar². Det har i detta arbete inte framkommit något som motsäger rapportens slutsatser som är:

- Offentliga tankställen finns för närvarande ett hundratal och antalet ökar. Här kan man tanka biogas till konkurrenskraftigt pris. Tankställena finns framförallt i tätorter, ett faktum som framförallt gynnar traktorer som används i tätorter.
- Mobila tankställen för biogas finns att tillgå, men kostnadsbilden är för närvarande något för hög för att sådana ska komma i allmänt bruk. Teknikutveckling pågår.
- Utrustning för småskalig uppgradering utvecklas på många håll. Kostnadsbilden för närvarande något för hög, men intensivt utvecklingsarbete pågår. Om traktortillverkarna kunde tillåta användandet av biogas med metahalt något lägre än svensk standard, skulle anläggningarna kunna förbilligas.
- Tekniken för konvertering av dieseltraktor till Dual Fuel-drift finns, men serietillverkning måste till för att hålla kostnaderna för konvertering nere.
- Intresset för att köra traktor på biogas är stort.
- Regelverk för registrering av gasdrivna Dual Fuel-traktorer saknas och detta är ett avgörande hinder för produktion av sådana traktorer.
- Traktortillverkarna kan inte satsa på produktion av traktorer för vilka det inte finns något regelverk för registrering.

Skulle någonting tilläggas till studien så är det nog endast en ytterligare förstärkning av svårigheterna att få till en infrastruktur för biogastraktorer på jordbruken. Även om biogas produceras på den egna gården behöver denna uppgraderas för att användas i traktorerna vilket gör att bara de allra största gårdarna kan bli aktuella för biogasdrift. För att motivera uppgradering behöver dessutom många av gårdens olika maskiner konverteras till biogas vilket i sig är en utmaning då de har olika utformning och olika sorters motorer.

² Rapporten hittas via Biogas Syds hemsida: www.biogassyd.se, länka vidare på Infomaterial/Rapporter

2.7 INFRASTRUKTUR FÖR ARBETSMASKINER

Oberoende av om det är komprimerad gas eller flytande gas som avses så behöver arbetsmaskiner närhet till tankstället. Flertalet arbetsmaskiner är inte avsedda/lämpliga för att köras på väg, det går inte att fort köra en sträcka för tankning och dels måste maskinernas driftstimmar ofta ligga på ett maxuttag. Därmed behöver i princip alla arbetsmaskiner en tankstation just i anslutning till deras placering.

De arbetsmaskiner som bedöms kunna ha ett något längre avstånd till tankstället är arbetsmaskiner i form av grönytemaskiner som transporteras på släp mellan kortare arbeten, samt maskiner avsedda för att köra i städer på väg, till exempel gatusopmaskiner och samhällstraktorer, med placering i städer med utbyggd infrastruktur för komprimerad gas.

Tillståndsfrågor gällande mobila tankstationer är en annan viktig fråga att beakta. Mobila tankställena som ställs upp på byggarbetsplatser är enligt David Gårsjö på MSB anmälnings-skyldiga om tiden för uppställning understiger 6 månader. Därefter behövs tillstånd. De säkerhetsavstånd som behövs för ett mobilt tankställe bedöms motsvara samma avstånd som krävs för stationära tankställena byggda enligt gällande tankstationsanvisningar. Om dess avstånd är möjliga att uppfylla beror väldigt mycket på hur arbetsplatsen ser ut. Detta kan i sig vara en utmaning på byggarbetsplatser.

2.7.1 Tekniska lösningar på mobila tankställena

Som underlag gällande tekniska lösningar gällande mobila tankstationer hänvisas till den rapport om traktorer som Biogas Syd gjort och som tidigare hänvisats till: "Biogas drivna Dual Fuel-traktorer i jordbruk, entreprenader och kommuner, Nov 2010".

2.7.2 Kostnader och behov av underlag för tankställe

En stationär tankstation kostar ca 3-5 miljoner kronor att bygga och behöver sälja ca 300 000 Nm³ per år för att motiveras ekonomiskt³. Ett mobilt tankställe för komprimerad gas bedöms ha högre kostnad än detta. För att kunna bedöma hur de olika formerna och mobiliteten påverkar har en grov uppskattning gjorts hur kostnaderna för de olika tankställena är, se tabell 9. Kostnaderna baseras på att alla tankställena har full funktionalitet och kapacitet. Detta driver kostnaderna uppåt men det bedöms vara ett krav för användning i samband med arbetsmaskiner. Baserat på denna grova uppskattning gällande kostnader för ett tankställe och hur många normalkubikmeter som behöver säljas för att ge underlag för ett tankställe kan en omräkning göras för motsvarande minsta antal arbetsmaskiner som behövs per tankställe.

Enligt rapport SA80A 2009:26935 från Vägverket, Jordbruksverket, Skogsstyrelsen är total diesel förbrukning för entreprenadmaskiner 657 000 m³ per år i Sverige fördelade på 79 500 entreprenadmaskiner. Omräknat på energiinnehåll innebär detta att en stationär tankstation för komprimerad gas i genomsnitt behöver betjäna knappt 40 genomsnittliga entreprenadfordon (se bilaga 2) för att motsvara 300 000 Nm³.

³ Källa; Frågor och svar om biogas, Stockholms Stad Maj 2010

Tabell 9. Bedömd kostnad per tankställe. Bedömd kostnad per tankställe beroende på om det är stationärt/mobilt resp. för komprimerat/flytande

	Stationärt tankställe	Mobilt tankställe
Komprimerad Metan	3- 5 MSEK, bränsleförsörjning via gasledning	6-8 MSEK Fördyrning främst pga. investering i 2 flak för bränsleförsörjning
Flytande Metan	6 - 8 SEK Fördyrning mycket pga. tekniken är ny och leverantörerna få.	6-8 MSEK Fördyrning främst pga. investering i 2 trailers samt ny teknik.

Med ansats att en mobil tankstation kostar 50 % än en stationär och bortser från skillnader i driftskostnader kan man anta att den ökade investeringskostnaden linjärt behöver kompenseras av motsvarande ökad försäljning av metanbränsle. Detta innebär i så fall att det behövs cirka 60 genomsnittliga entreprenadfordon för att ekonomiskt motivera ett mobilt tankställe som enbart betjänar dessa arbetsmaskiner om det är mobilt.

Ovanstående kalkyl är starkt förenklad, men ger ändå en aning om vilket antal arbetsmaskiner det rör sig om för att kunna skapa underlag till en tankstation. Bedömningen är att 40-60 arbetsmaskiner på ett och samma ställe är en hög siffra.

2.8 SLUTSATSER MARKNADSPOTENTIAL FÖR ARBETSMASKINER

- Klassning och godkännande enligt EU-direktiv omfattar inte metandieselmotorer - eller några gasmotorer alls – såvida de inte kan certifieras för dieseldrift. Därmed är det svårt att få stora serier av produkter godkända eftersom godkännanden i avsaknad av reglemente behöver godkännas enskilt och bygga på att det är testfordon. Detta torde vara den största enskilda hotet mot utveckling av arbetsmaskiner i större serier.
- Distribution av bränsle till de platser där arbetsmaskinerna används, då de ofta används projektvis och ofta på mer otillgängliga platser samtidigt som de flesta inte är lämpliga för att köra längre sträckor. Distributionen kan lösas om omsättningen på bränsle är tillräckligt stor för att bära merkostnaden. Här är det viktigt att det utvecklas tankställena som har låg investeringskostnad, men fortfarande tillräcklig kapacitet och funktionalitet att kunna betjäna arbetsmaskiner.
- Det finns flera arbetsmaskiner som förbrukar mycket bränsle per maskin samtidigt som den totala bränsleförbrukningen är hög, till exempel entreprenadmaskiner, som mobilkranar, hjullastare och grävmaskiner. Men för att få ihop allting i ett projekt där motorutveckling för flera olika sorters maskiner utvecklas parallellt och att infrastrukturen löses samtidigt kräver ett stort mått av entreprenörskap för att få till stånd.
- De arbetsmaskiner som kan utnyttja befintlig infrastruktur för gas bedöms ha lägst tröskel för marknadsintroduktion eftersom infrastrukturfrågan då kan anses vara löst och att projektet därmed "endast" omfattar produktutveckling av arbetsmaskinen.

3 LOK OCH MOTORVAGNAR

3.1 INTRODUKTION – LOK OCH MOTORVAGNAR

Marknadspotential för introduktion av metan för bantrafik är endast aktuell för de banor som inte är elektrifierade då dieseldrivna lok används för godstransporter eller dieseldrivna motorvagnar sköter persontransporter. Det är inte ovanligt att dieseldrivna lok även används på elektrifierade rangerbangårdar eftersom stickspår ofta saknar elektrifiering.

Det svenska järnvägsnätet har en sammanlagd banlängd av 11 022 km (2008), varav 9 830 km tillhör det statliga nätet. Den elektrifierade banlängden uppgår till 7 866 km.

Total energiförbrukning enligt de senaste siffror som hittats återfinns i tabell 10.

Tabell 10. Energianvändning för tågtrafik Källa: SIKA, rapport 2008:29 "Bantrafik 2007"

Energianvändning	Enhet	2003	2007
El för persontrafik	GWh	1 086	1 087
El för godstrafik		933	1 028
Totalt för trafik		2 018	2 115
Diesel för persontrafik	m ³	7 516	6 172
Diesel för godstrafik		19 157	19 583
Totalt för trafik		26 673	25 755

Baserat på att 1 m³ diesel innehåller 9 980 kWh blir den totala potentialen i Sverige $9980 \cdot 25755 = 257\,034\,900$ kWh, eller 257 GWh. Då 1 Nm³ biogas = 9,77 kWh motsvarar den totala potentialen för att ersätta metangas med diesel 26,3 miljoner Nm³/år.

Oelektrifierade banor är bl.a. Ådalsbanan, Inlandsbanan och Haparandabanan (elektrifiering pågår), samt ett antal mindre banor som ofta fungerar som "matarbanor" till det övriga järnvägsnätet. År 2003 utfördes 4,7 % av godstransportarbetet (bruttotonkm) och 4 % av persontransportarbetet (platskm) av dieselfordon (Banverket, 2004).

Regeringen har beslutat om en nationell plan för Sveriges transportsystem 2010-2021⁴. I den ingår elektrifieringsarbete på Haparandabanan och sträckan längs inlandsbanan mellan Kristinehamn–Nykroppa. Dessa sträckor är markerade med svart ring i figur 3 nedan. I bilaga 3 finns en komplett lista över oelektrifierade sträckor i Sverige.

De banor som utnyttjas mest frekvent är alla elektrifierade sett till antal godståg per vardagsdygn. Samtidigt är det viktigt att notera att varje dragning som görs med diesellok i sig är en potential tack vara den höga bränsleförbrukningen. Därför kan det finnas potential för gasdrift även på banor som inte har mycket trafik.

⁴ <http://www.sweden.gov.se/sb/d/11181>

Figur 3. Elektrifierade och oelektrifierade järnvägar i Sverige, samt antal godsfordon per vardagsdygn 2008. Källa: SIKA PM 2010:3 "Järnvägstransporter i Sverige och hanteringen av dessa i en ny nationell godstransportmodell", bearbetning Banverket

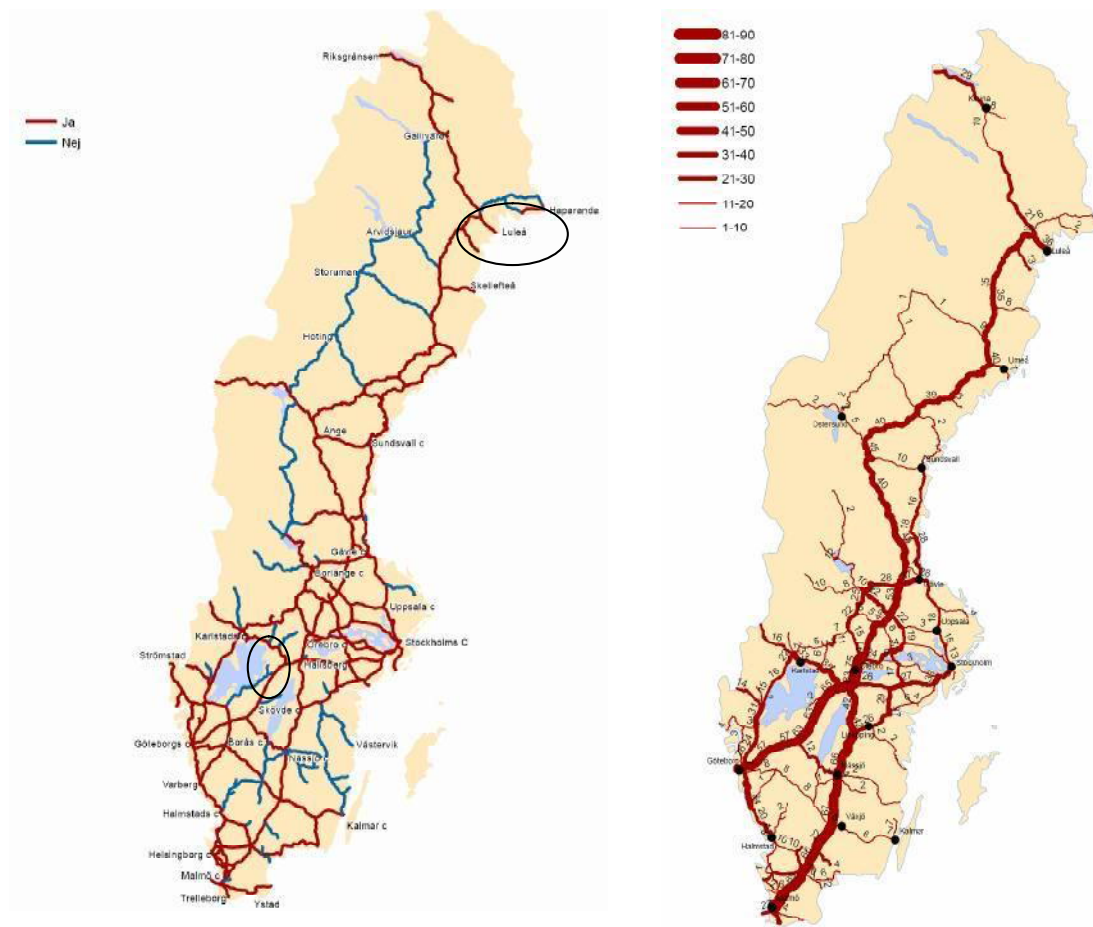
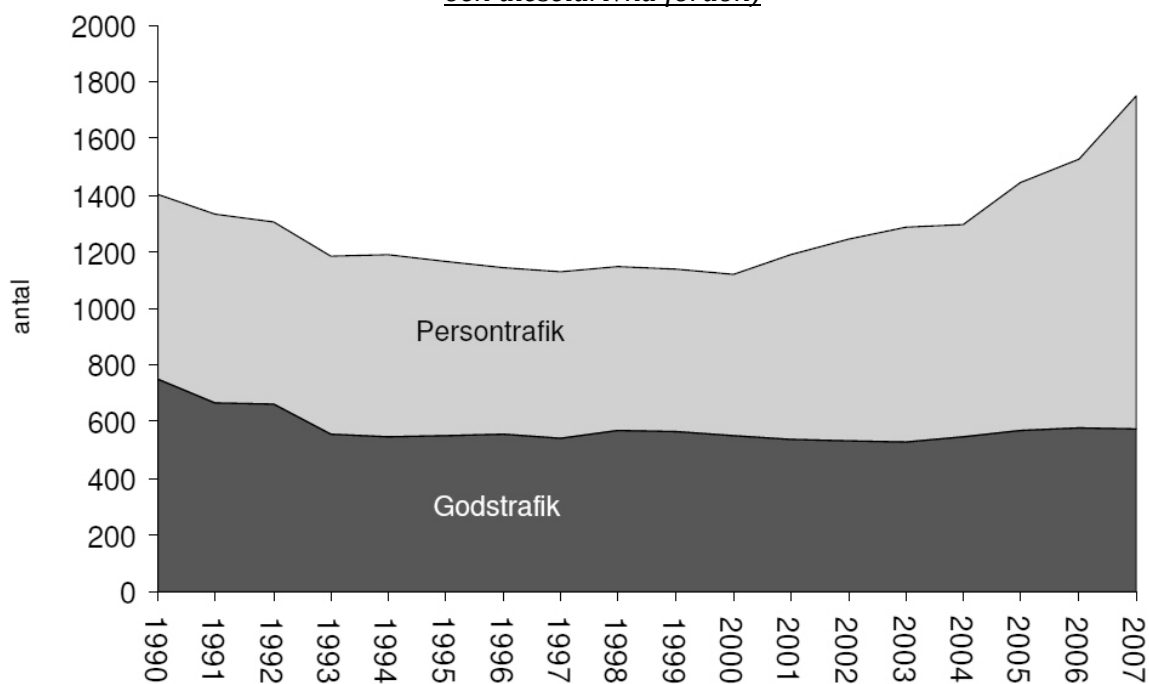


Diagram 2. Antal dragfordon 2007 Källa: Sika, rapport 2008:29 "Bantrafik 2007" (Både el och dieseldrivna fordon)



3.2 MOTORVAGNAR

Det finns några olika varianter på dieseldrivna motorvagnar som används för persontransporter i Sverige, se figur 4 nedan.

Y1: Av denna dieselmotorvagn som började byggas 1979 finns fortfarande knappt 40 stycken kvar i drift i Sverige. Den biogasmotorvagn, kallad Amanda, som byggts om till biogasdrift är en Y1-vagn där ursprunglig dieselmotor ersatts med två Volvo-gasmotorer.

Y2: Trafikerade Blekingebanan innan den elektrifierades och finns nu kvar i trafik på Stångåldalsbanan (Kalmar-Linköping)⁵ och på Tjustbanan (Linköping-Västervik)⁶. Hur många är inte fastlagt men det torde vara ett fåtal vagnar.

Figur 4. Dieseldrivna motorvagnar och lok i trafik i Sverige. Källa: www.jarnvag.net.



Motorvagnar – Y1



Motorvagnar – Y2



Motorvagnar – Y31/Y32



Lok – T44



Lok – TMY101

⁵ Stångåldalsbanan: <http://sv.wikipedia.org/wiki/Stångåldalsbanan>

⁶ Tjustbanan: <http://sv.wikipedia.org/wiki/Tjustbanan>

Y31/Y32 Detta är den mest moderna dieselmotorvagnen och den som nu huvudsakligen körs in för att ersätta Y1 vagnar. I Sverige körs tågen för närvarande på Västerdalsbanan⁷, de banor som trafikeras av Krösatågen⁸, på Kinnekullebanan⁹ och i Värmland, på Fryksdalsbanan¹⁰. Y31 syftar till att gradvis ersätta motorvagnarna Y1. 29 stycken har levererats i Sverige hittills. Maxeffekten är 960-1260 kW och från 2008 installeras Iveco-motorer.

3.3 LOK

Antal dieseldrivna lok i drift i Sverige är uppskattad till cirka 250 stycken utifrån uppgifter om de 6 vanligaste typerna av dieseldrivna lok i Sverige och källan www.jarnvag.net.

Den vanligaste typen av dieseldrivna lok är i Sverige modellen T44 som tillverkades i 123 exemplar under tiden 1968-1987, se bild ovan. Dessa lok upprustas nu (kallas Td 371) där motorerna byts ut från tvåtaktsdieselmotorer till fyrtaktsdiesel. I takt med avregleringen av tågtrafiken har nya typer av lok tagits i bruk men det är ofta gamla lok som uppgraderats, t.ex. de 17 stycken TMY 101-lok som togs in från Danmark under 1990-talet men som ursprungligen byggdes under slutet av 1950-talet, se figur 4 ovan.

Det finns ett stort utbud av specialmaskiner för tåg. Dessa har dock bedömts vara av så litet antal att de inte utgör någon potential gasdrift inom närstående tid.

3.4 TEKNISKA ASPEKTER GÄLLANDE INSTALLATION AV METANDIESEL-TEKNIK OCH GASTANKAR PÅ LOKOMOTIV OCH MOTORVAGNAR

Motorerna till lok och motorvagnar är ofta i grunden baserade på lastbilsmotorer som förstörats för att ge effekter på ca 1000-1300 hästkrafter. Det finns i denna studie ingenting som indikerar att det finns några anledningar till att det inte skulle gå att konvertera till metandieselteknik. Snarare gäller de generella utmaningarna att få plats med bränsletankar och att konvertera motorn. Erfarenheterna från Amanda-tåget i Linköping visar på att tankplaceringen är en stor utmaning, men att det också gick att lösa.

3.5 REGELMÄSSIGA ASPEKTER FÖR LOK OCH MOTORVAGNAR

Formellt faller även lokomotiv och motorvagnar under samma direktiv som arbetsmaskiner vilket gör att gasen inte omfattas. Detta torde dock inte ha samma allvarliga betydelse för gasdriven tågtrafik eftersom bedömningen är att det främst blir enstaka lok/motorvagnar som konverteras och att dessa då kan få tillstånd i det enskilda fallet. Dock minskar givetvis möjligheten att få loktillverkare att intressera sig för att erbjuda gasdrivna lok och motorvagnar som en naturlig del i produktsortimentet.

3.6 INFRASTRUKTUR LOK OCH MOTORVAGNAR

Infrastrukturen för bantrafiken bedöms i jämförelse med arbetsmaskiner förhållandevis enkel på så sätt att ett stationärt tankställe ofta kan betjäna systemtrafik från punkt A till B tur och

⁷ Västerdalsbanan: <http://sv.wikipedia.org/wiki/Västerdalsbanan>

⁸ Krösatågen: <http://sv.wikipedia.org/wiki/Krösatågen>

⁹ Kinnekullebanan: <http://sv.wikipedia.org/wiki/Kinnekullebanan>

¹⁰ <http://sv.wikipedia.org/wiki/Fryksdalsbanan>

retur. I projektet gällande biogaståget Amanda användes flakning som metod. Dock fanns långtgående planer på att bygga ett stationärt tankställe som också skulle betjäna fordon just utanför bangårdsområdet och det fanns ingenting som regelmässigt eller på annat tekniskt sätt hindrade byggnationen. Investeringen föll dock på att det redan fanns två befintliga tankstationer för komprimerad biogas i omedelbar närhet varför *investeringen* inte kunde räknas hem med hjälp av merförsäljning av gas till lätta fordon. Detta torde vara ett av de första exemplen någonsin där utveckling av gasmarknad hindrades av att infrastrukturen av gas var *för* god.

3.7 SLUTSATSER MARKNADSPOTENTIAL FÖR LOK OCH MOTORVAGNAR

Dieseldrivna lok och motorvagnar är i Sverige en marknad på nedgång eftersom elektrifieringen nått långt och fortsätter. Samtidigt kan varje enskild systemtrafik eller passagerarlinje ha potential för att kunna nå rimlig ekonomisk bärighet om trafiken är tillräckligt stor och loken passar för konvertering tekniskt och åldersmässigt. Alltså måste bedömning av potential göras i varje enskilt fall.

4 SJÖFART

4.1 REGELVERKET DRIVER UTVECKLINGEN

IMO:s regler för lågsvavligt bränsle som införs 2015 samt troliga kommande skärpta krav på NO_x-utsläpp gör att potentialen för Metandiesel-teknik blir stor av kostnadsskäl. Fartyg byggs inte i serier på samma sätt som arbetsmaskiner. Med tanke på konverteringskostnader är fartyg på LNG aktuellt framförallt vid nyinvestering, inte efterkonvertering.

Idag finns det ca 15-20 LNG-fartyg i drift i Norge och erfarenheterna är goda. Samtidigt är infrastruktur med LNG-terminaler i flera hamnar på gång, både i Sverige och i Europa. Det har gjorts flera studier på LNG som potential för fartyg, denna studie har hämtat fakta från den aktuella rapporten "Flytande Naturgas framtidens fartygsbränsle" av Energigas Sverige som publicerades juni 2010. Några slutsatser i rapporten är:

- Eftersom det inte går att räkna med att LNG kommer att finnas i alla hamnar den närmaste tiden, är det troligt att fartyg, som regelbundet återkommer till samma hamn, blir de som först anpassas till LNG. Exempel på sådana fartyg är passagerarfärjor, vägfärjor, färjor i skärgårdstrafik och kustbevakningsfartyg.
- Den stora potentialen bedöms ligga i de stora fartyg med passagerare och gods (RoRo och RoPax) som trafikerar färjelinjer i Östersjön och Nordsjön. Färjelinjer där LNG-drift diskuteras är bland annat Göteborg–Danmark, Stockholm–Finland och Nynäshamn–Visby.
- Det finns omkring 50 fartyg för RoRo och RoPax som med fasta ruttor trafikerar svenska hamnar. Av dessa är elva fartyg äldre än 20 år och behöver bytas till nyare fartyg de närmaste åren.

Svensk infrastruktur för LNG är på gång; en mottagningsterminal för LNG i Nynäshamn är under uppförande (2011, ca 350 000 årston), samt Göteborg Energi och norska Gasnor planerar uppförande av mottagningsterminal i Göteborgs hamn (2012, 250 000 årston). Mottagningsterminalerna kan fungera som lastplatser för bunkringsfartyg, vilka sedan kan läktra till gasdrivna fartyg. LNG-terminaler planeras enligt uppgift i många andra europeiska hamnar.

Det finns också mindre arbetsfartyg, som återkommer till samma hamn. Det finns omkring 2 900 registrerade arbetsfartyg i Sverige (>300 brt). Hur många av dessa som skulle vara aktuella för LNG-drift har vi inte funnit uppgifter om.

För att beräkna vilken potential detta innebär i mängd gas, har vi utgått från den statistik som finns nedan från SIKA. Utsläppen från samtliga arbetsfartyg bedöms vara cirka 303 000 ton CO₂ årligen.

RoRo- och RoPax-fartyg drar enligt SIKA runt 65 ton bunkerolja per dygn (se tabell nedan). Räknat på 11 RoRo och RoPax fartyg, vilket motsvarar vad som är aktuellt att investera i de närmaste åren, blir det grovt räknat en total potential motsvarande 180 000 ton bunkerolja per år räknat på 260 dygn i drift per år.

Tabell 11. Bränsleförbrukning per dygn från några typfartyg. Källa: "Internalisering av sjöfartens externa kostnader" SIKA 2000

Fartygstyp	Storlek brt	Installerad effekt kW	Bränsleförbrukning
Bil- och passagerarfärjan Silja Serenade	58 377	43 880	65 ton/dygn
HSC färjan 2 Stena Carisma	8 631	36 600	56 ton/dygn
Ro/Ro-fartyget Tor Selandia	24 200	21 600	73 ton/dygn
Skogsproduktfartyget Ortviken	18 265	9 930	34 ton/dygn
Det stora tankfartyget Stena Commerce 3	159 423	25 485	88 ton/dygn
Kusttankfartyget Navigo	10 543	4 860	17 ton/dygn
Waxholmsbolagets Vaxö 4	IU	1 800	190 l/timme
Waxholmsbolagets Waxholm II 5	IU	820	155 l/timme
Trålaren Ginneton GG 203	845	2 700	Varierar

4.2 SLUTSATSER MARKNADSPOTENTIAL FÖR SJÖFART

LNG för fartygstrafik är mycket aktuellt och är mycket intressant att titta vidare på:

- Det finns regelverk gällande reglerade emissioner som driver på utvecklingen
- Initiativ för utbyggd infrastruktur för LNG i hamnar är på gång
- Erfarenheter av LNG-drift i fartyg finns
- Mycket stora potentiella försäljningsvolymer gas

Man kan förutsätta att denna utveckling kommer att äga rum ganska snabbt de närmaste åren. Därför bör det studeras vidare hur detta segments utveckling kan agera som hävstång för andra. I hamnar möts många olika transportslag: fartyg, lastbil, truckar och tåg, samtidigt som den fungerar som mottagningsterminal för LNG. Hamnen som "hubb" för gas är därför något som studerades mer ingående som en fallstudie i denna rapport.

5 HUBB – EN MÖJLIGGÖRARE

I ovanstående kapitel är ett återkommande tema att den stora utmaningen för arbetsmaskiner är att få till en fordonstäthet som möjliggör infrastruktur för gasfordonen. Därför belyser vi i detta kapitel möjligheten att fokusera introduktionen av gasfordon i hubbar, där olika typer av fordon tillsammans kan ge tillräckligt underlag för gasdistributionen. De hubbar som belyses är dels större entreprenadsarbeten där flera olika typer av arbetsmaskiner arbetar under förhållandevis långa tider, dels hamnar där en infrastruktur skulle kunna betjäna både fartyg, egna fordon i hamnen samt vidaretransporter med tåg/lastbil.

5.1 FALLSTUDIE – STÖRRE INFRASTRUKTURPROJEKT HALLANDSÅSEN

Den studie som VTI publicerade våren 2010¹¹ visar på att just tunnelbygge släpper ut mycket CO₂ i byggnationsfasen. I denna studie anges ett CO₂ utsläpp på 1 900 ton/km motorväg vid byggnation, med ett tillägg på 5 100 ton/km för tunnelbygge för väg. Detta hänger ihop med att det går åt mycket bränsle vid schaktning och borttransport av material. Av det skälet valdes Sveriges största tunnelbygge ut för att studera hur arbetsmaskiner används där.

Hallandsåstunneln är en del av Väst kustbanan mellan Göteborg och Lund. Tunnelbygget startades 1992. Fem år senare stoppades projektet på grund av miljöproblem. En tredjedel av tunneln var då färdig. 2003 återupptogs tunnelbygget. De första tågen planeras gå genom Hallandsåstunneln 2015. Hallandsåstunneln kommer att bestå av två parallella enkelspårstunnlar på 8,7 kilometer. Tunneln går mellan Båstad på den norra sidan av åsen och Förslöv på den södra sidan.

Tunnelbygget genom Hallandsås består av två entreprenader. Den första entreprenaden innefattar byggnation av två tunnlar som binds samman av 19 tvärtunnlar, inkluderat brandvattensystem och förberedande underballast för järnvägsinstallationer. Konsortiet Skanska-Vinci HB utför den första entreprenaden som en totalentreprenad.

Tunneln borras, materialet transporteras sedan ut på transportband och leds över väg 105 till ett bergupplag med krossanläggning. Skanska Vinci säljer allt material som trillar ner till Skanska Asphalt & Betong som står för den vidare transporten. Intransport av material (bakfyllnadsbruk, injekteringsmedel etc.) och framförallt alla betongsegment som tunneln kläs med sker via tåg. De arbetsmaskiner som finns är ca 3 grävare, 5 hjullastare, 2 dumprar, 3 betongbilar, 2 borrhjull (en stor och en mindre), teleportrar, truckar, skylifts och kompressorer¹².

Generellt gäller det att alla maskiner som arbetar i tunnlar, inklusive tågen, går på Ecoparbränsle av arbetsmiljöskäl. Detta är vanligt vid tunnelarbete. På arbetsområdet finns diesel-tankar och Ecopartankar som arbetsmaskiner och kompressorer tankar från.

¹¹ VTI notat 3-2010

¹² Ulrika Göthe, Skanska Vinci

Tabell 12. Skanska Vincis förbrukning av bränsle på Hallandsåsprojektet. Källa: Ulrika Göthe, Skanska Vinci

Bränsle	Förbrukning (2009)
Diesel	240 m ³
Ecopar	105 m ³

En slutsats från detta är att det finns många olika lösningar på hur material kan schaktas bort och transporteras på stora entreprenader. För Hallandsåsens del innebär sättet att hantera schaktmassorna på att dieselförbrukningen blir relativt sett låg, trots entreprenadens totala storlek. En annan slutsats är att arbetsmaskiner i svenska tunnelbyggen ofta har andra bränslen än diesel på grund av arbetsmiljöskäl. Vilket i sig betyder att låga emissioner från gasdrivna arbetsmaskiner kan vara avgörande för att kunna användas i denna typ av entreprenader. Men samtidigt innebär det att metandieseltekniken måste parallellt klara av hög inblandning av metangas samtidigt som emissionerna måste vara låga om det skall ge konkurrensfördel till Ecopar och andra diesel-liknande bränslen.

5.2 FALLSTUDIE – MINDRE ENTREPRENADER

Underlaget i detta kapitel kommer från uppföljning av genomförda arbeten inom Göteborg Stad – Trafikkontoret. Uppgifterna kommer från entreprenörens själv som rapporterar in vilka maskiner som använts, driftstimmar och uppskattad bränsleförbrukning. Uppgiften om bränsleförbrukning kan antas vara grovt uppskattad av entreprenören som själv sällan har direkt uppföljning av bränsleförbrukningen per maskin. Trots det bedöms detta underlag vara bland de bäst tillgängliga inom ramen för mindre entreprenader.

Tabell 13. Fallstudier, mindre entreprenader. Källa: Göteborgs Stad – Trafikkontoret.

Tabell 13a: Uppdrag - Miljö- och trafikupprustning

Maskintyp	Motoreffekt	Förbrukning diesel (liter, uppskattat värde)	Antal drifttimmar (ungefärligt värde)
Hjulgrävare TEREX TW 160	91 kW	8736	1900
Hjulgrävare VOLVO EW 140C	105 kW	4449	900
Vält HAMM 3516HT	155 kW	1920	650
	SUMMA	15105	3450

Tabell 13b: Uppdrag - Cirkulationsplats

Maskintyp	Motoreffekt	Förbrukning diesel (liter, uppskattat värde)	Antal drifttimmar (ungefärligt värde)
Hjulgrävare TEREX TW 160	91 kW	910	200
Hjulgrävare VOLVO EW 140C	105 kW	3920	800
Vält HAMM 3516HT	155 kW	120	40
	SUMMA	4950	1040

Tabell 13c: Uppdrag - Växelbyte spårvägar

Maskintyp	Motoreffekt	Förbrukning diesel (liter, uppskattat värde)	Antal drifttimmar (ungefärligt värde)
Grävmaskin, Atlas 1404	74	31420	6982
Vält	23	1140	380
Vibratorplatta	8	580	290
Hjullastare	124	7227	2409
Fräs	79	4465	893
Slipbil (13 l/h)	257	39572	3044
Vibrostamp	4	60	40
SUMMA		84 464	14038

Även om ovanstående redovisningar inte helt ut visar uppdragets omfattning så är en slutsats att arbetena är förhållandevis små. Skulle maskinerna kunna tankas direkt på befintliga tankstationer för komprimerad gas minskar tröskeln för marknadsintroduktion. Men bedömningen inom ramen för detta arbete är att entreprenörer inte är motiverade att göra detta såvida inte beställarkravet direkt hotar affären. Traditionellt är det offentlig sektor som ställer hårdast miljökrav, men så länge inte regelverk för arbetsmaskiner på gas finns kommer inte offentliga upphandlare att kunna ställa dessa krav. Därmed är det en lång startsträcka av demonstrationsprojekt innan egentlig marknadsintroduktion uppnås.

5.3 FALLSTUDIE – HAMNEN

Tanken med en hamn som en hubb är att man då på ett och samma ställe potentiellt kan betjäna:

- Fartyg
- Hamnens egna fordon
- Fordon till och från hamnen
- Lok

Denna koncentration av gasfordon skulle tillsammans ge ett stort underlag för infrastruktur för gas.

Vi exemplifierar denna fallstudie med uppgifter om hamnen i Göteborg.

5.3.1 Göteborgs hamn - fakta och organisation

Göteborgs stad säljer nu ut de tre olika terminalverksamheterna i bilhamnen, RoRo-hamnen och containerhamnen. Terminalverksamheten RoRo-hamnen har sålts till ett konsortium bestående av DFDS Seaways och C.ports och samma process är på gång gällande de andra två verksamheterna.

De nya operatörerna bedöms bli stora terminaloperatörer med erfarenheter från verksamheter i andra stora europeiska hamnar. Dessa operatörer kommer att ta med sig sin kunskap och erfarenheter in i verksamheten framöver. Därmed är det i dagsläget svårt att förutse vad som händer framöver gällande upplägg av framtida verksamheter. Säkert är att verksamheten även fortsättningsvis kommer att styras av gängse villkorsförfarande för verksamheten och krav i 20-åriga avtal med Göteborgs hamn som fortsätter att äga marken.

Tabell 14. Godsvolymer och tekniska fakta 2009, Göteborgs hamnar, Källa: www.portgot.se

Volym	Tekniska fakta
818 000 containrar TEU	9 container kranar (varav 3 super-post Panamaxkranar)
504 000 ro/ro-enheter	39 grensletruckar
157 000 nya bilar	20 km järnvägsspår
21,1 miljoner ton olja	
39,5 miljoner ton gods	
366 500 järnvägsenheter TEU	

5.3.2 Krav och behov

I samtal med representanter för Göteborgs Hamn gällande möjligheten att använda metandieselt teknik i hamnens verksamhet nämns spontant nedanstående parametrar som de viktigaste att utvärderas mot:

- Lönsamhet – nya lösningar måste vara bättre och mer kostnadseffektiva
- Minskade utsläpp av klimatgaser
- Minskade utsläpp av NO_x (N₂O och NO₂) och partiklar (PM₁₀ och PM_{2,5})
- Säkerhetsaspekter – riskbedömningar avseende hantering av farligt gods, förarsäkerhet (förrärlplats på 12 m höjd, etc.)

5.3.3 Potential i hamnens egen maskinpark

Det finns i containerhamnen huvudsakligen två typer av kranar/maskiner:

- Containerkranar (RTG -Rubber Tyred Gantry resp. RMGC - Rail Mounted Gantry Cranes)
- Grensletruckar

Containerkranarna är ”semi-stationära” och elektrifierade och därmed inte aktuella för konvertering till gasdrift. De dieseldrivna arbetsmaskinerna utgörs främst av de 39 grensletruckarna. Flertalet av dessa är utrustade med två dieselmotorer med en effekt på 135 – 200 kW. En grensletruck förbrukar uppskattningsvis ca 30 liter per timme och körs uppskattningsvis ca 10 timmar per dygn det vill säga 300 liter per dag. Totalt förbrukar dessa maskiner ca 3000 ton diesel per år. RoRo-hamnen har en motsvarande maskinpark vilket gör att dessa två hamnar i Göteborg förbrukar upp mot 7000 ton diesel per år.

Tekniskt sett bedöms en av de största utmaningarna vara att packa bränsletankarna i benen på grensletruckarna. Dieseltanken är på 1 500 liter. I benen sitter också en hydraulloljetank på 1 500 liter. Även motorutrymmet i grensletrucken bedöms som trångt så ett eventuellt tillkommande gassystem måste vara mycket packningseffektivt för att få plats. Dessutom betonas att maskintillverkaren har ansvar för att uppfylla produktkrav vilket gör att inte några av hamnens maskiner kan konverteras eller byggas om utan att tillverkarens godkännande. Detta skulle tala för att man jobbar direkt med maskinleverantören för produktutveckling. Samtidigt kostar en grensletruck i storleksordningen 10 MSEK och har en lång avskrivningstid vilket gör att efterkonvertering med aktivt stöd av maskinleverantören förmodligen är den nödvändiga arbetsgången.

5.3.4 Tåg, sjöfart samt fordon till och från hamnen

Spåren till hamnen är elektrifierade. Det gör metandieseldrift ointressant för all tågtrafik utom den lilla del av trafiken som görs på rangerbangård. Därmed bedöms inte tågtrafiken vara en drivkraft för att gå över till metandieselteknik. Hamnar med oelektrifierade bansträckningar till hamnen är mest intressanta att studera vidare om tågtrafiken skall vara en del av en hamnhubb.

Sjöfarten bedöms kunna vara dörröppnaren för att börja bygga en hubb i enlighet med ovanstående resonemang i tidigare kapitel.

Lastbilar till och från hamnen skulle kunna utgöra en marknadsbas för metandieselteknik. Men bedömningen i detta arbete är att samordningsvinster med tankställen placering oftast är lättare att nå i samband med infrastruktur för lätta fordon och bussar snarare än med hamnens olika aktiviteter.

6 ANALYS OCH SLUTSATSER

Sjöfart:

- Lättast realiserbara och samtidigt största potentialen med avseende på ekonomi, bränsleförsäljning och miljö.
- Utveckling pågår redan
- Inkluderar stora infrastrukturprojekt
- LNG-terminaler bör byggas så att även tankning av trailrar kan göras för LNG-transport på land
- LNG för sjöfart torde utgöra den bransch som öppnar tillgänglighet av LNG för andra segment.

Tåg:

- Potentialen begränsad till de oelektrifierade banorna
- Enstaka systemtrafik kan vara möjlig att utveckla
- Styckvis konvertering av lokens/motorvagnarna bedöms som rimlig

Arbetsmaskiner:

- Generellt svårare att få till då underlaget för att bygga infrastruktur ofta är begränsat
- Utmaning gällande packning av bränsletankar på de olika fordonen
- Avsaknad av regelverk gör att fordonen kommer att behöva styckvis godkännande
- Generellt krävs här ett större entreprenörskap för att få till en utveckling
- Demonstrationsprojekt kan vara intressant tills direktiv för gasdrivna arbetsfordon finns på plats

Referenser, personlig kommunikation:

Anna Berggren, FordonsGas Sverige

Gert-Jan Rap, RAP technology

Mats Karlsson, Stadspartner

Magnus Lindgren, Trafikverket

Bertil Carlson, Tekniska Verken Linköping

Åsa Vilske, Göteborgs Hamn

Bengt Cederman, Göteborgs Hamn

Andrew Whitehouse, Clean Air Power

Bilagor:

Bilaga 1. Bruttolista – Inventering av de vanligaste arbetsmaskinerna

Bilaga 2. Utsläpp av koldioxidekvivalenter från arbetsmaskiner

Bilaga 3. Oelektrifierade bansträckningar

Bilaga 1a. Bruttolista – Inventering av de vanligaste arbetsmaskinerna

Maskintyp	Väg-an-lägn.	Drift & underh. väg	Skogsbruk	Jordbruk	Flyg-plats	Hamn	Gruv-ind.	Byggarbets-plats	Sop-hant.	Tillv.-industri	Kommentar	Infrastruktur gas	Prioritet, vidare analys
Asfaltsfräs		x									Mest i underhåll av vägar, kort tid, troligen litet segment med svårare infrastruktur för tankningen	Maskinernas rörlighet försvarar	Nej
Asfaltsläggare	x	x									Inte så många, troligen ingen större förbrukning	Maskinernas rörlighet försvarar	Nej
Skördare och skotare			x								Hög förbrukning och stort segment men utspritt över landet	Utspridda geografiskt, låg mobilitet på maskinerna, hög komplexitet	Nej
Bergsborr och dylikt	x						x	x			Bedöms ha hög förbrukning men litet segment och utspritt över landet	Stora arbetsplatser möjligt med "farmar-tank" för gas	Ja
Dumprar	x	x					x	x			Återkommande i stora segment. Verkar ha en hög användning.	Stora arbetsplatser möjligt med "farmar-tank" för gas	Ja
Fartyg							x				Gigantisk nisch och förbrukning. Denna bransch är i utvecklings- och har kommit en bra bit (Nor-ge). Wärtsilä och andra kommersiella aktörer igång.	Del av stora investerings-programmet långa ledtider men låg komplexitet, hög effekt och potential	Ja
Generatorer och kompressorer (portabla)	x	x		x			x	x			Drar mycket ca 150-300 liter per timme (diesel)	Möjligt med mobil tankning	Ja
Grävlastare (traktorgrävare)	x										Samordningsmöjligheter med andra segment? Koppling till traktorer.	Mer utspritt i användningen	Nej
Grävmaskiner (hjul- och band-)	x	x					x	x			Troliga samordningsmöjligheter med andra segment - bränsledistribution och motorutveckling	Möjligt med mobil tankning	Ja

Bilaga 1b. Bruttolista – Inventering av de vanligaste arbetsmaskinerna

Maskintyp	Väg- an- läggn.	Drift & underh. väg	Skogs- bruk	Jord- bruk	Flyg- plats	Ham- n	Gruv- - ind.	Byggarbets- plats	Sop- hant.	Tillv.- industri	Kommentar	Infrastruktur gas	Prioritet vidare analys
Gödselspridare (självgående)				x							Ovanligt, litet segment		Nej
Hjullastare och bandlastare	x				x		x	x			Troliga samordningsmöjligheter med andra segment - bränsle- distribution och motorutveckling		Ja
Kompaktlastare	x						x				Bedömer att dessa har en låg förbrukning och stor spridning		Nej
Kompaktorer		x							x		Osäkerhet kring storlek på seg- mentet	Finns nära lokal bio- gasproduktion	Nej
Asfaltsvält	x										Bedömer att dessa har en låg förbrukning och stor spridning	Möjligt med mobil- tankning	Nej
Minigrävmaskin	x										Bedömer att dessa har en låg förbrukning och stor spridning	Utspritt, svårt	Nej
Pålkranar	x							x			Stor förbrukning per maskin men litet antal. Samordningsmöjlig- heter med grävmaskiner och väganläggningsmaskiner	Möjligt med mobil- tankning	Ja
Rörgravspackare		x									Bedömt som litet segment	Små arbeten utspritt	Nej
Rörläggare		x									Bedömt som litet segment	Små arbeten utspritt	Nej
Såddmaskiner (självgående)				x							Troligen smalt segment		Nej
Traktorer		x	x	x			x				Dessa finns inom flera olika stora segment. Det finns också gastraktorer på marknaden	Litet frågetecken kring möjligheten, bransch- beroende. Störst poten- tial bland samhällstrak- torer?	Ja

Bilaga 1c. Bruttolista – Inventering av de vanligaste arbetsmaskinerna

Maskintyp	Väg- an- läggn.	Drift & underh. väg	Skogs- bruk	Jord- bruk	Flyg- plats	Ham- n	Gruv- ind.	Byggarbets- plats	Sop- hant.	Tillv.- industri	Kommentar	Infrastruktur gas	Prioritet vidare analys
Truckar (inkl specialtruckar i hamnar)					x	x	x		x	x	Stora arbetsplatser och hamnar, centrallager osv kan vara intressant. Gasol ger arbetsmiljöproblem ibland inomhus. Mest gasol och el idag.	Potential på större arbetsplatser och i hubbar såsom hamnar	Ja
Vibrationsmaskiner/ markvibrator och markvältar	x	x						x			Oftast små maskiner med liten förbrukning individuellt	Hög komplexitet om inte samordning med andra segment	Nej
Väghyvel		x									Litet antal maskiner, spridd användning	Hög komplexitet	Nej
Lok & motorvagnar						x	x				Det icke elektrifierade, står för 5 % av trafikarbetet. Potential i Sverige för enstaka projekt. Tveksamt om rangerbangårdar är en potential. Internationellt är potentialen större	Låg komplexitet	Ja
Grönytemaskiner		x									Stort antal specialmaskiner	Hög komplexitet	nej
Snövesslor											Litet antal per skidanläggning	Ofta långt avstånd till närmaste tillgänglig gas	Nej

Bilaga 2 Utsläpp av koldioxidekvivalenter från arbetsmaskiner. Källa: SA80A 2009:26935
(Vägverket, Jordbruksverket, Skogsstyrelsen)

Sektor	Diesel- Förbrukning (1000 m ³)	Utsläpp av koldioxid- ekvivalenter (1000 ton)	Procent av utsläpp från arbetsmaskiner	Antal maskiner
Entreprenad	657	1 891	64	79 500
Jordbruk	189	545	19	154 900
Skogsbruk	139	402	14	5 500
Hushåll	37	105	4	59 000
Totalt	1 022	2 943		298 900

Antal m ³ diesel per år	657 000	
Vilket motsvarar m ³ per arbetsmaskin	8,264	
Energiinnehåll i 8,26 m ³ diesel [kWh]:	80 823	(9780 kWh per m ³ diesel)
Energi motsvarande 300 000 Nm ³ biogas [kWh]	2 931 000	(9,77 kWh per Nm ³ biogas)
Erforderligt antal entreprenadfordon (genomsnitt)	36,3	

Bilaga 3. Oelektrifierade bansträckningar. Källa: www.jarnvag.net

Sträcka	Information
(Borlänge-) Repbäcken-Vansbro-Malung	Svealand persontrafik godstrafik 1435 mm (normalspår) oelektrifierad
(Linköping-) Bjärka Säby-Västervik	Götaland persontrafik godstrafik 1435 mm (normalspår) oelektrifierad
Alvhem-Lilla Edet	Götaland godstrafik 1435 mm (normalspår) oelektrifierad
Anten-Gräfsnäs	Götaland museitrafik 891 mm (smalspår) oelektrifierad
Berga-Oskarshamn	Götaland godstrafik 1435 mm (normalspår) oelektrifierad
Blomstermåla (Sandbäckshult)-Mönsterås bruk	Götaland godstrafik 1435 mm (normalspår) oelektrifierad
Boden-Morjärv-Haparanda (-Torneå)	Norrland godstrafik 1435 mm (normalspår) oelektrifierad
Bollnäs-Edsbyn-Orsa	Norrland godstrafik 1435 mm (normalspår) oelektrifierad
Falun-Grycksbo	Svealand 1435 mm (normalspår) oelektrifierad
Forsmo-Hoting	Norrland godstrafik 1435 mm (normalspår) oelektrifierad
Fågelsta-Vadstena	Götaland museitrafik dressincykling 891 mm (smalspår) oelektrifierad
Gammelstad-Karlsvik shyttan	Norrland godstrafik museitrafik 1435 mm (normalspår) oelektrifierad
Gullspång-Strömtorp-Nora-Ervalla	Svealand godstrafik museitrafik dressincykling 1435 mm (normalspår) oelektrifierad
Gårdsjö-Mariestad-Lidköping-Håkantorp	Götaland persontrafik godstrafik 1435 mm (normalspår) oelektrifierad
Gårnsnäs-Brösarp	Götaland museitrafik dressincykling 1435 mm (normalspår) oelektrifierad
Hagfors-Stjärnsfors, Karlstad-Skoghall	Svealand godstrafik dressincykling 891 mm (smalspår) 1435 mm (normalspår) oelektrifierad oelektrifierad
Halmstad-Vänamo-Nässjö, Torup-Hyltebruk	Götaland persontrafik godstrafik 1435 mm (normalspår) oelektrifierad
Hesselby-Eken-Munkbos	Götaland museitrafik 891 mm (smalspår) oelektrifierad
Hällnäs-Lycksele-Storuman	Norrland godstrafik 1435 mm (normalspår) oelektrifierad
Jädraås-Tallås-Svartbäcken Nedre, Hamrångefjärden-Norrsundet	Norrland godstrafik museitrafik 891 mm (smalspår) 1435 mm (normalspår) oelektrifierad
Jönköping-Vaggeryd	Götaland persontrafik godstrafik 1435 mm (normalspår) oelektrifierad
Jörn-Arvidsjaur	Norrland dressincykling 1435 mm (normalspår) oelektrifierad
Karpalund-Hanaskog, Broby-Glimminge	Götaland godstrafik dressincykling 1435 mm (normalspår) oelektrifierad
Kil-Sunne-Torsby	Svealand persontrafik godstrafik 1435 mm (normalspår) oelektrifierad
Kimstad-Finspång	Götaland godstrafik 1435 mm (normalspår) oelektrifierad
Klippan-Ljungbyhed	Götaland dressincykling 1435 mm (normalspår) oelektrifierad
Kristianstad-Åhus	Götaland godstrafik 1435 mm (normalspår) oelektrifierad
Kristinehamn-Filipstad-Vansbro-Mora	Svealand persontrafik godstrafik dressincykling 1435 mm (normalspår) oelektrifierad
Landeryd-Ambjörp	Götaland godstrafik dressincykling 1435 mm (normalspår) oelektrifierad
Linköping-Hultsfred-Kalmar	Götaland persontrafik godstrafik 1435 mm (normalspår) oelektrifierad
Malmö-Tomelilla	Götaland dressincykling 1435 mm (normalspår) oelektrifierad
Markaryd-Traryd, Ljungby-Vänamo	Götaland godstrafik 1435 mm (normalspår) oelektrifierad
Mellerud-Bengtsfors-Ärjäng	Götaland godstrafik museitrafik dressincykling 1435 mm (normalspår) oelektrifierad
Mora-Märbäck	Svealand godstrafik 1435 mm (normalspår) oelektrifierad
Mora-Sveg-Brunflo (-Östersund)	Norrland persontrafik godstrafik 1435 mm (normalspår) oelektrifierad
Nässjö-Eksjö-Hultsfred	Götaland persontrafik godstrafik 1435 mm (normalspår) oelektrifierad
Nässjö-Vetlanda-Åseda	Götaland persontrafik godstrafik 1435 mm (normalspår) oelektrifierad
Skara-Lundsbrunn	Götaland museitrafik 891 mm (smalspår) oelektrifierad
Sundsvall-Ånge-Bräcke-Östersund-Storlien	Norrland persontrafik godstrafik 1435 mm (normalspår) oelektrifierad oelektrifierad
Uppsala-Ö-Länna-Faringe	Svealand museitrafik 891 mm (smalspår) oelektrifierad
Vetlanda-Kvillsfors-Jämforsen / Pauliström	Götaland godstrafik 1435 mm (normalspår) oelektrifierad
Åmål-Svanskog	Götaland museitrafik 1435 mm (normalspår) oelektrifierad
Åseda-Hultsfred-Västervik	Götaland museitrafik dressincykling 891 mm (smalspår) oelektrifierad
Älmhult-Olofström	Götaland godstrafik 1435 mm (normalspår) oelektrifierad
Ängelsberg-Snyten-Kärrgruvan	Svealand godstrafik museitrafik 1435 mm (normalspår) oelektrifierad oelektrifierad
Örbyhus-Hargshamn-Hallstavi	Svealand godstrafik 1435 mm (normalspår) oelektrifierad
Östersund-Storuman-Arvidsjaur-Gällivare	Norrland persontrafik godstrafik 1435 mm (normalspår) oelektrifierad

Av 48 sträckor har 18 helt eller delvis trafikerade med dressincykling eller museitrafik.



Scheelegatan 3, 212 28 Malmö • Tel 040-680 07 60 • Fax 040-680 07 69
www.sgc.se • info@sgc.se
