



Utsläpp från större dieseldrivna arbetsmaskiner - Inventering, kunskapsuppbyggnad och studier om åtgärder och styrmedel

Engine exhaust gas emissions from non-road mobile
machinery equipped with diesel engines

**Christian Wetterberg
Roger Magnusson
Magnus Lindgren
Stefan Åström**

SLU
Institutionen för biometri och teknik

**Rapport – miljö, teknik och
lantbruk 2007:03**

SLU
Department of Biometry and Engineering

**Uppsala 2007
ISSN 1652-3237**

SAMMANFATTNING

I denna rapport kartläggs dels nuläget när det gäller emissioner från större dieseldrivna arbetsmaskiner i effektintervallet 37-560 kW, dels görs prognoser över förväntade emissioner år 2010 och 2020. Teknikutvecklingen för dieselmotorer och utvecklingen av alternativa bränslen behandlas särskilt. Vidare diskuteras möjliga åtgärder och styrmedel för att minska emissionerna. Studien omfattar t ex traktorer, hjullastare, grävmaskiner, dumprar, mobilkranar, skördetröskor, skogsmaskiner och truckar.

Kartläggningen av emissionerna baseras på data gällande förekommande maskintyper, antalet maskiner, motoreffekt, drifttider, belastningsfaktorer, bränsleförbrukning, emissionsfaktorer och hur dessa parametrar är relaterade till maskinålder där maskinålder anges för upp till 25 år gamla maskiner medan äldre maskiner hanteras som en grupp.

Data avseende maskintyper, antal maskiner, maskinernas ålder och motoreffekt samt årliga drifttider har hämtats från SMP Svensk Maskinprovningens besiktningss databas, från försäljningsstatistik från Maskinleverantörerna samt från fordonsregistret. Dessa data anses vara mycket säkra för flertalet av de studerade maskintyperna.

När det gäller bränsleförbruknings- och emissionsfaktorer har data från CORINAIR Emission Inventory Guidebook och den Europeiska emissionslagstiftningen använts som utgångspunkt. Dessa faktorer har dock korrigerats för att ta hänsyn till

- Skillnader mellan det bränsle som används vid typprovning och svensk MK1
- Skillnader mellan legala gränsvärden och uppmätta emissionsnivåer vid typprovning
- Skillnader mellan motorbelastningen i statiska testcykler och verklig motorbelastning
- Åldersbetingade förändringar av bränsleförbruknings- och emissionsvärden

Dessa korrigeringar samt att hänsyn tas till maskinernas åldersfördelning, vilket är av stor vikt eftersom bland annat drifttiden är starkt beroende av maskinålder, gör att studiens upplägg skiljer den från flera tidigare publicerade svenska utsläppsinventeringar av liknande karaktär.

I studien förutsätts totalt 290 000 arbetsmaskiner vara aktiva år 2006 vilket är 25 % mer vid jämförelse med den senast publicerade liknande studien (Flodström et al., 2004). Den totala bränsleförbrukningen och de totala utsläppsmängderna från större dieseldrivna arbetsmaskiner för 2006 sammanfattas i tabell S1.

Tabell S1. Beräknad bränsleförbrukning och utsläppsmängd från större dieseldrivna arbetsmaskiner 2006.

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

Bedömningen av total årlig bränsleförbrukning är drygt 5 % lägre än i tidigare studie trots det högre antalet maskiner. För emissioner är skillnaderna ännu större jämfört med ovan nämnda studie: nivåerna av NO_x är halverade medan både CO och HC motsvarar ca 1/3 av de tidigare

uppskattade nivåerna. Den största skillnaden återfinns dock för partiklar för vilka de uppskattade utsläppen har minskats med ca 75 %. Dessa skillnader bedöms huvudsakligen bero på förbättrat dataunderlag, framförallt när det gäller drifttider kopplat till maskinålder och de korrigeringar som gjorts i modellen, snarare än på faktiska förändringar i maskinbestånd m m.

Studiens utsläppsprognos baserad på det successiva införandet av redan beslutade EU-lagkrav (BAU – ”Business as usual”) tyder på att utsläppen av NO_x och partiklar från större arbetsmaskiner år 2020 kommer att reduceras med omkring 70 % jämfört med idag. Motsvarande reduktion för NO_x och partiklar år 2010 är 21 %.

Vad det gäller teknikutveckling av dieselmotorer ligger fokus på att minska utsläppen av NO_x och partiklar. Studien visar att aktuell teknik för NO_x-rening är NO_x-fällor, ammoniakinsprutning, motorstyrning och EGR-teknik. Rening av partikelutsläpp sker främst med partikelfilter och motorstyrning. Eftermontering av avgasreningssystem har också blivit allt vanligare.

De alternativa drivmedel som kan vara aktuella att använda i befintliga dieselmotorer är enligt studien främst biodiesel och syntetisk diesel. Ett annat intressant alternativt dieselmotorbränsle som dock kräver dedikerade motorer är dimetyleter (DME).

En mängd olika styrmedel kan vara lämpliga för större arbetsmaskiner. Inom jord- och skogsbrukssektorn bedöms olika typer av ekonomiska styrmedel vara mest kostnadseffektiva. Inom sektorn industri och anläggning bedöms ekonomiska styrmedel, regleringar och informativa styrmedel vara ungefär lika kostnadseffektiva.

ABSTRACT

In this report both the present situation and estimates of emissions from large non-road mobile machinery were studied. The estimates over future emission amount from the non-road mobile machinery sector in Sweden were conducted for the year 2010 and 2020. Special focus has been taken to the development of technology for diesel engines and alternative fuels. Moreover, possible measures and means of control to reduce emissions in the future were discussed. The study comprises fuel consumption and emissions from non-road mobile machinery equipped with diesel engines with a rated engine power of 37 to 560 kW. Non-road mobile machinery for example includes tractors, wheel loaders, excavators, articulate haulers, mobile cranes, combined harvester, forestry machines and trucks.

The estimate of annual fuel consumption and emissions amounts were based on input data concerning occurring types of machinery, number of machines, average engine power, annual work hour, load factors, fuel consumption and emission factors. Furthermore, concern was taken to the age distribution of the entire assembly of machinery.

Inventory data regarding types of machinery, number, age, engine power, and annual work hour has been obtained from the Swedish machinery testing institute's machinery inspection operation, statistics of sale returns from trade organisations and the Swedish motor-vehicle register.

The fuel consumption and emission factors used were based on the CORINAIR Emission Inventory Guidebook and European emissions regulations for non-road mobile machinery and adjusted for:

- differences in quality and specification between the fuel stipulated for use during type approval and Swedish diesel of environmental class 1,
- differences between the maximum value stipulated in the emission regulations and the recorded emission amounts during type approval,
- differences in engine load between the test cycle employed during type approval and during real use of the machinery, and
- deterioration in fuel consumption and emission formation with increasing age.

In total, 290 000 non-road mobile machinery with a rated engine power of 37 to 560 kW were estimated to operate in Sweden year 2006, which was about 25% more machinery compared with the last published study concerning number of non-road mobile machinery in Sweden (Flodström et al., 2004). The annual estimated fuel consumption and emission mounts from the non-road mobile machinery sector in Sweden for year 2006 is shown in table S1.

Table S1. Number of machinery and annual fuel consumption and emission amounts

	Unit	Annual amounts
Number of machinery	Units	290 000
Fuel consumption	Ton year ⁻¹	880 000
CO ₂	Ton year ⁻¹	2 800 000
CO	Ton year ⁻¹	6 000
HC	Ton year ⁻¹	2 200
NO _x	Ton year ⁻¹	23 000
PM	Ton year ⁻¹	1 000
SO _x	Ton year ⁻¹	1.8

The estimated annual fuel consumption was about 5% lower compared with previous studies despite the higher number of machinery included. For emissions the differences were even larger compared with the above-mentioned study. Emissions of NO_x were halved while both emissions of CO and HC only amounted to approximately one-third of previously estimated amounts. The largest difference was obtained for emissions of particulate matter, a reduction with 75%. The differences obtained could be attributed to improved input data with higher resolution, especially concerning annual work hour as function of machinery age and the adjustment of fuel consumption and emission factors. Possible changes in the assembly of machinery between the present and previous studies were assumed to only have minor importance.

Several different estimates of future emission amounts were conducted. The first estimate was based on the introduction of the European emission regulation, which resulted in a reduction of emissions of NO_x and PM with about 70% compared with the present amounts. Corresponding reduction of NO_x and PM to year 2010 were about 21%.

The development of technology for diesel engines is focused on the reduction of nitrogen oxides and particulate matter. According to the study, current technologies for reduction of NO_x were EGR, NO_x-traps, SCR and engine-out modifications. For particulate matter, engine-out and different types of particulate filters will be utilised in order to fulfil future emission regulations.

Alternative fuels can be used in order to reduce the emissions from current diesel engines, the most promising and suitable fuels in the future would probably be GTL-fuels, synthetic diesel and different types of biodiesel. For dedicated engines, dimethylester (DME) could be an interesting alternative.

Several different means of control for reduction of emissions from non-road mobile machinery exists. Within the agricultural and forestry sector different types of economical means of control were assumed to be the most cost-effective methods. For the industrial and construction sector regulations and economical and informative means of control were assumed to have similar effects.

FÖRORD

Denna rapport är resultatet av ett beställningsuppdrag från Naturvårdsverket till SMP Svensk Maskinprovning AB. SMP utförde detta arbete tillsammans med institutionen för Biometri och Teknik vid Sveriges Lantbruksuniversitet. Dessutom har IVL Svenska Miljöinstitutet AB och Institutet för jordbruks- och miljöteknik bidragit med material rörande Analys av olika styrmedel och åtgärder respektive Teknikutveckling och efterbehandling.

Detta projekt var en del i Naturvårdsverkets arbete rörande energieffektivisering och minskad förurning, med inriktning mot miljöpåverkan från arbetsmaskiner. Arbetet med miljöpåverkan från arbetsmaskiner har delats upp i två separata projekt, dels det aktuella arbetet om utsläpp från större dieseldrivna arbetsmaskiner, del ett projekt om emissioner från små arbetsmaskiner vilket utfördes av IVL.

Vid utförandet av uppdraget har stor vikt lagts vid att beskriva den svenska maskinparken på ett så rättvisande sätt som möjligt vilket har krävt stora mängder indata samt flertalet inblandade personer och företag. Författarna till detta arbete är mycket tacksamma för all den hjälp och information som berörda parter har bidragit med. Ett stort tack!

Denna rapport finns även att tillgå som SMP rapport GE 99189/06 via SMPs hemsida www.smp.nu.

Uppsala i februari 2007

Christian Wetterberg, SMP

Roger Magnusson, SMP

Magnus Lindgren, SLU

Stefan Åström, IVL

INNEHÅLL

BAKGRUND	9
SYFTE	10
NULÄGE: INVENTERING AV ARBETSMASKINER OCH UTSLÄPP FRÅN DESSA ...	10
Metod	10
<i>Utgångsvärden för emissions- och bränslefaktorer</i>	11
<i>Korrigerig av emissions- och bränslefaktorer</i>	12
<i>Beräkningsmodell</i>	13
<i>Besiktningssstatistik</i>	14
Resultat och diskussion	16
<i>Försäljningsstatistik</i>	16
<i>Antal maskiner</i>	19
<i>Drifttid</i>	25
<i>Motoreffekt</i>	27
<i>Belastningsfaktor</i>	30
<i>Totala emissioner och bränsleförbrukning</i>	31
<i>Kommentarer till resultaten</i>	39
FRAMTIDA UTVECKLING: PROGNOSE, ÅTGÄRDER OCH STYRMEDEL	40
Emissionskrav	41
Utsläppsprognoser för 2010 och 2020	44
Nationella krav- och bonussystem	47
Teknikutveckling och efterbehandling	48
<i>Rening av kväveoxider och kvävedioxider</i>	49
<i>Rening av partiklar</i>	50
<i>Rening av kolmonoxid och kolväten</i>	51
<i>Utvecklingen på längre sikt</i>	51
<i>Eftermontering av avgasreningssystem</i>	51
<i>Energieffektivitet</i>	52
Alternativa drivmedel	53
<i>Aktuella alternativa drivmedel</i>	53
<i>Generellt om biodrivmedel i Europa</i>	54
<i>Diesel</i>	55
<i>Biodiesel i form av RME</i>	56
<i>Syntetisk diesel</i>	58
<i>DME</i>	59
<i>Energieffektivitet och utsläpp av växthusgaser</i>	60
Analys av olika styrmedel/åtgärder	61
<i>Sektor</i>	61
<i>Åldersfördelning</i>	61
<i>Ägandeform</i>	61
<i>Urban eller Rural</i>	62
<i>Teknisk Utveckling</i>	62
<i>Övrig information</i>	62
<i>Sammanfattande kvalitativ bedömning</i>	63
REFERENSER	65
BILAGA A	A1
BILAGA B	B1
BILAGA C	C1
BILAGA D	D1
BILAGA E	E1

BAKGRUND

En stor del av utsläppen ifrån förbränningsmotorer kommer från arbetsmaskiner. 2005 beräknades arbetsmaskinernas andel av de totala utsläppen i Sverige uppgå till omkring 16 % för kväveoxider (Naturvårdsverket, 2006). Större arbetsmaskiner drivs nästan uteslutande av dieselmotorer. Dieselmotorn karaktäriseras av förhållandevis höga utsläpp av NO_x och partiklar medan utsläppen av kolmonoxid (CO) och kolväten (HC) generellt sett är låga. Utsläppskraven för arbetsmaskiner skärps år för år och teknikutvecklingen drivs hela tiden framåt. Antalet årliga drifttimmar sjunker proportionellt mot maskinåldern samtidigt som det årligen säljs ungefär 7 500 större arbetsmaskiner, vilket innebär att den aktiva delen av maskinparken förnyas fort. Det är därför viktigt att ta fram aktuell emissionsstatistik som kan användas bl a som underlag för att föreslå kostnadseffektiva styrmedel som minskar miljöpåverkan från arbetsmaskiner. Flera inventeringar av utsläpp från arbetsmaskiner har gjorts i Sverige. Den senaste inventeringen publicerades år 2004 och avser utsläpp för år 2002 (Flodström et al, 2004). I tabell 1 redovisas antal maskiner, bränsleförbrukning och emissioner presenterade av Flodström et al. (2004).

Tabell 1. Antal maskiner, bränsleförbrukning och emissionsmängder för arbetsmaskiner 2002 (Flodström et al., 2004)

Antal maskiner	229 139
	Mängd (ton/år)
Bränsleförbrukning	940 000
CO	19 000
HC	7 300
NO _x	43 000
PM	4 100

För att kunna göra beräkningar av utsläppen från arbetsmaskiner behövs uppgifter om vilka maskinerna är, antalet maskiner, motoreffekt, drifttider, belastningsfaktorer, bränsleförbrukning, emissionsfaktorer och helst även data över hur dessa faktorer är relaterade till maskinålder. Alla dessa faktorer används i modelleringen av utsläppen och det är därför viktigt att uppskattningen av varje enskilt underlag blir så noggrann som möjligt. Underlag till denna rapport har hämtats från en mängd olika källor såsom SMP Svensk Maskinprovning ABs (SMP) besiktningsregister, Statistiska Centralbyrån (SCB), Fordonsregistret, Maskinleverantörerna (försäljningsstatistik) samt muntliga kontakter med bl a olika maskintillverkare, maskinförsäljare och maskin användare. Dessutom har tidigare inventeringar som gjorts av bl.a. SMP, Svenska Miljöinstitutet (IVL) och amerikanska naturvårdsverket (EPA) varit till stor nytta (Wetterberg, 2002; Flodström et al., 2004; Persson och Kindbom, 1999 och USEPA, 2000-2006). En svensk rapport från ”EMMA-projektet” har bidragit med värdefull information när det gäller hur motorerna belastas vid verkligt arbete och hur detta påverkar utsläpp och bränsleförbrukning (Lindgren et al., 2002). Sammanlagt bör de källor som använts i denna rapport, varav vissa inte funnits tillgängliga tidigare, ge en så realistisk bild som det i dagsläget är möjligt, av hur maskinparken är sammansatt, hur maskinerna faktiskt används samt hur det påverkar utsläpp och bränsleförbrukning.

Upplägget i denna studie skiljer sig på vissa punkter från de senast publicerade svenska utsläppsinventeringarna av liknande karaktär (Flodström et al. 2004, Persson och Kindbom, 1999). Exempel på stora skillnader är korrigeringen av de emissions- och bränslefaktorer som används och att hänsyn tas till arbetsmaskinernas åldersfördelning vid utsläppsberäkningarna. Dessa korrigeringar/hänsyn är viktiga för bedömning av utsläppen ska bli så rättvisande som

möjligt, bl a eftersom drifttiden har visat sig vara starkt beroende av maskinålder (Wetterberg, 2002).

I tidigare svenska utsläppsinventeringar (Flodström et al., 2004, Persson och Kindbom, 1999) har en av utgångspunkterna varit att indela arbetsmaskinerna i branscher/näringsgrenar. I denna rapport har utgångspunkten varit att noggrant karakterisera de olika typer av arbetsmaskiner som förekommer, snarare än att specificera inom vilken bransch de används. Detta beror främst på att det inte varit möjligt att finna underlag som ger tillförlitliga uppgifter om användningsområde. En indelning av utsläppen har dock gjorts på olika näringsgrenar enligt CRF-formatet (Common Reporting Format), vilket används för internationell rapportering. Underlagen som har legat till grund för emissionsberäkningarna i den aktuella studien är av hög kvalitet medan underlagen för fördelningen på näringsgrenar är väsentligt osäkrare.

Parallellt med den här studien har Svenska Miljöinstitutet (IVL) utfört en liknande studie men för mindre arbetsmaskiner och arbetsredskap (Fridell et al., 2007).

SYFTE

På uppdrag av Naturvårdsverket har SMP Svensk Maskinprovning tillsammans med Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU, Institutionen för Biometri och Teknik) gjort en uppdatering av utsläppen till luft från arbetsmaskiner för år 2006. Institutet för jordbruks- och miljöteknik (JTI) har gjort en översikt över teknikutvecklingen vad gäller motorer och avgasreningssystem. Svenska Miljöinstitutet (IVL) har bidragit med en analys av kostnadseffektiva åtgärder och styrmedel. Studien omfattar mobila dieseldrivna arbetsmaskiner i effektintervall 37-560 kW.

Syftet med studien har varit att:

1. Beskriva nuläget:

- Uppdatera den svenska emissionsstatistiken genom att göra en detaljerad kartläggning av maskintyper, antal maskiner, motoreffekt, drifttider, belastningsfaktorer, bränsleförbrukning och emissionsfaktorer. Vad gäller emissionsberäkningarna har stor vikt lagts vid att återspegla verkliga driftförhållanden och att använda en modell där hela tidsserier, som omfattar upp till 25 år gamla maskiner, tas med i beräkningarna.

2. Beskriva den framtida utvecklingen:

- Ge en översiktlig prognos för utsläppen år 2010 och 2020.
- Ge en lägesbild samt diskutera utvecklingen vad gäller emissionskrav, teknikutveckling, avgasrening och alternativa drivmedel.
- Diskutera kostnadseffektiva åtgärder och styrmedel för att minska arbetsmaskinernas miljöpåverkan.

Studien behandlar de utsläpp som kommer ut från avgasröret på arbetsmaskiner och tar därför inte hänsyn till t ex utsläpp i form av avdunstning av bränsle vid tankning. Termerna utsläpp, emissioner och i vissa fall avgaser används i rapporten synonymt.

NULÄGE: INVENTERING AV ARBETSMASKINER OCH UTSLÄPP FRÅN DESSA

Metod

Denna rapport omfattar mobila dieseldrivna arbetsmaskiner med en motoreffekt mellan 37 och 560 kW i enlighet med EU-direktiven 97/68/EC och 2000/25/EC (EU, 1997 och 2000).

Dessutom ingår så kallade minigrävmaskiner. De arbetsmaskiner som ingår i studien är kategoriserade enligt följande:

Traktorer

- jord- och skogsbrukstraktorer
- industritraktorer
- samhällstraktorer

Skördetröskor

- skördetröskor

Skogsmaskiner

- skotare
- skördare

Entreprenadmaskiner

- hjullastare
- grävlastare
- minigrävmaskiner
- bandgrävmaskiner
- hjulgrävmaskiner
- kompaktlastare (skidsteerlastare)
- dumprar
- mobilkranar
- övrigt (bl.a. tipptruckar, bandlastare, bandschaktare, väghyvlar, asfaltutläggare och vältar)

Truckar

- truckar (motviktstruckar och teleskoptruckar)

Med arbetsmaskiner menas fortsättningsvis de ovan beskrivna maskinerna.

Kategorin ”övrigt” innehåller flera olika maskinkategorier men överlag är bestånden av dessa maskintyper små och/eller bidrar lite till de totala utsläppen. När det gäller minigrävmaskiner definieras dessa som bandgrävare med en maskinvikt mellan 0 och 6 ton, vilket normalt innebär att motoreffekten är <37 kW. Denna definition motsvarar kompaktgrävare enligt standarden SS-EN 474-1 (SIS, 1996). Minigrävmaskiner ingår i rapporten trots att de ligger under effektgränsen 37 kW på grund av att det inom projektet har funnits tillgång till precisa data för dessa maskiner.

Med kompaktlastare avses så kallade ”skidsteerlastare” eller slirstyrda lastare.

Denna rapport täcker in i princip samtliga större mobila arbetsmaskiner.

Utgångsvärden för emissions- och bränslefaktorer

Emissions- och bränslefaktorer från CORINAIR Emission Inventory Guidebook (EEA, 2005) har använts som utgångspunkt. För reglerade motorer sammanfaller CORINAR:s emissionsfaktorer med steg I och steg II i EU:s utsläppskrav för arbetsmaskiner (mobila maskiner som inte är avsedda att användas på väg) och traktorer (Direktiv 97/68/EC, 2000/25/EC med tillägg). I tabell 2-4 presenteras EU:s utsläppskrav samt CORINAIR:s emissions- och bränslefaktorer. Dessa emissions- och bränslefaktorer har sedan korrigerats enligt avsnittet ”Korrigerings av emissions- och bränslefaktorer”.

Tabell 2. EU:s emissionskrav för arbetsmaskiner samt jord- och skogsbrukstraktorer (EU, 1997 och 2000).

Effekt	Implementerings- tidpunkt	CO	HC	NO _x	PM
kW		g kWh ⁻¹			
Steg I					
37 ≤ P < 75	1999.04/2001.07 ^a	6,5	1,3	9,2	0,85
75 ≤ P < 130	1999.01/2001.07 ^a	5,0	1,3	9,2	0,70
130 ≤ P < 560	1999.01/2001.07 ^a	5,0	1,3	9,2	0,54
Steg II					
18 ≤ P < 37	2001.01/2002.01 ^a	5,5	1,5	8,0	0,8
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

^aGäller traktorer.

Tabell 3. CORINAIR:s emissionsfaktorer för icke reglerade motorer i g kWh⁻¹ (EEA, 2005)

Effekt	CO	HC	NO _x	PM
kW	g kWh ⁻¹			
0 ≤ P < 18	8,38	3,82	14,4	2,22
18 ≤ P < 37	6,43	2,91	14,4	1,81
37 ≤ P < 75	5,1	2,3	14,4	1,51
75 ≤ P < 130	3,8	1,7	14,4	1,23
130 ≤ P < 560	3,0	1,3	14,4	1,10

Tabell 4. CORINAIR:s Bränslefaktorer i g kWh⁻¹ för icke reglerade motorer och motorer typgodkända enligt steg I och steg II (EEA, 2005)

Effekt	Icke reglerade	Steg I	Steg II
kW	g kWh ⁻¹		
0 ≤ P < 18	271	-	-
18 ≤ P < 37	269	-	269
37 ≤ P < 75	265	265	265
75 ≤ P < 130	260	260	260
130 ≤ P < 560	254	254	254

Korrigerig av emissions- och bränslefaktorer

De i lagkraven redovisade emissionsnivåerna är gränsvärden som en motorindivid inte får överstiga för att kunna typgodkännas (EU, 1997 och 2000). Provningsstandarden för typprovning anger i detalj vilket bränsle och vilken motorbelastning som skall användas. Det har visat sig att den i standarden föreskrivna testcykeln inte är representativ för de olika arbetsoperationer som utförs av de maskiner motorerna monteras i (Lindgren et al., 2002, Starr et al., 1999, Ullmann et al., 1999). Denna modbaserade provcykel är på väg att ersättas av en transient körcykel, som är mer representativ (Se avsnitt ”Emissionskrav”). Vidare kan man notera att den bränslespecifikation som anges i standarden skiljer sig från specifikationen

för den MK1-diesel som används i Sverige. Skillnaderna är mycket stora, framförallt för svavelhalten men även för densiteten och aromathalten finns betydande skillnader.

Det förekommer även stora skillnader mellan de emissionsmängder som uppmäts vid typprovning och de gränsvärden som gäller för typgodkännande. För kolmonoxid är de uppmätta nivåerna i regel endast 30 % av gränsvärdet medan skillnaderna är mindre för övriga utsläpp (Lindgren, 2007). För att erhålla representativa emissions- och bränslefaktorer har korrigerade gränsvärden använts. Korrigeringarna av gränsvärdena har gjorts mot följande:

- Skillnader mellan bränslet som används vid typprovning och marknadsbränslet MK1
- Skillnader mellan gränsvärden och uppmätta emissionsnivåer vid typprovning
- Skillnader mellan motorbelastningen i den statistiska testcykeln, som för närvarande används vid typgodkännande, och verklig motorbelastning
- Åldersbetingade förändringar av bränsleförbruknings- och emissionsvärden

För motorer som satts på marknaden innan gränsvärdena trädde i kraft, d v s motorer av årsmodell 1998 eller tidigare, har emissionsdata enligt tabell 3 från CORINAIR använts (EEA, 2005), men även dessa data har korrigerats i enlighet med ovanstående resonemang. De korrektionsfaktorer som använts för äldre motorer, som inte omfattas av lagkrav, är desamma som för motorer som uppfyller EUs steg I.

Antaganden, beräkningar samt emissions- och bränslefaktorer för de individuella maskin- och effektkategorierna är utförligare beskrivna av Lindgren (2007).

Beräkningsmodell

Beräkningen av bränsleförbrukning och emissioner från arbetsmaskiner genomfördes i enlighet med den avancerade metod som beskrivs i CORINAIR (EEA, 2005) med hjälp av följande ekvation:

$$E = N \times Hr \times P \times Lf \times Be \quad \text{Ekvation 1}$$

där:

E = massan emissioner under den studerade perioden

N = populationens storlek

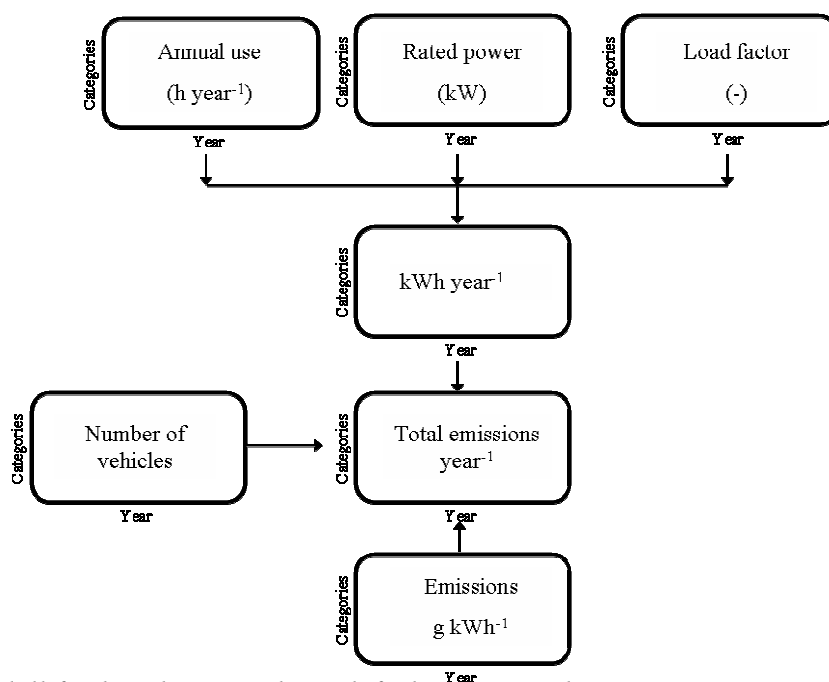
Hr = årlig drifttid i timmar

P = motoreffekt i kW

Lf = typisk belastningsfaktor

Be = genomsnittlig bränsleförbrukning och emissioner i g kWh⁻¹

I projektet har de i ekvation 1 ingående variablerna beskrivits med individuella matriser och inte som enskilda variabler. Till exempel anges antalet maskiner inte som ett totalt antal maskiner utan som antal maskiner av en viss årsmodell. Uppbyggnad av beräkningsmodellen redovisas även i figur 1 där varje ram anger en matris som t ex beskriver antalet maskiner (uppdelat på maskin och effektkategori) som funktion av maskinålder.



Figur 1. Modell för beräkning av bränsleförbrukning och emissioner.

För att bättre återspegla den verkliga populationen (maskinparken) och dess användning har variablerna i ekvation 1 delats upp ytterligare. Till exempel har antalet maskiner i maskinparken delats upp i både ålders- och effektkategorier. De använda effektkategorierna motsvarar de i direktiv 97/68/EC angivna effektkategorierna, 37-75 kW, 75-130 kW samt 130-560 kW, medan åldersfördelningen anger antalet maskiner för varje årsmodell från 2006 och 25 år tillbaka. Maskiner som är äldre än 25 år och fortfarande bedöms vara i drift inkluderas i gruppen för 25 år gamla maskiner.

Årliga drifttimmar, motoreffekt, belastningsfaktor samt genomsnittlig bränsleförbrukning och emissioner delas upp i samma ålders- och effektkategorier som antalet maskiner. För emissioner används korrigerade emissionsfaktorerna enligt ”Korrigerade emissions- och bränslefaktorer”.

Modellen beräknar de totala utsläppen från sektorn arbetsmaskiner i Sverige uppdelat på maskin- och effektkategori. Modellen fördelar inte de resulterande utsläppen på olika näringsgrenar eller företag. I bilaga E presenteras dock ett sätt att göra en sådan fördelning baserat på äldre data.

Beräkningsmodellen är utförligare beskriven av Lindgren (2007).

Besiktningstatistik

SMP genomför årligen föreskrivna besiktningar och frivilliga kontroller på c:a 13 500 entreprenadmaskiner (registreringsbesiktning/kontrollbesiktning, arbetarskyddsbesiktning, brandskyddskontroll samt andra typer av säkerhetsbesiktningar). Data från SMPs besiktningregister har varit en förutsättning för inventeringen främst när det gäller:

- Antal arbetsmaskiner som funktion av tillverkningsår
- Drifttider som funktion av arbetsmaskinernas ålder

Antal maskiner som funktion av tillverkningsår

Från SMPs besiktningsregister har alla maskiner, som sedan 1998 genomgått någon form av kontroll i SMPs regi, räknats samman.

De olika maskinerna omfattas i olika grad av besiktningsplikt:

- Grävlastare, bandgrävmaskiner (inklusive så kallade minigrävare) och hjulgrävmaskiner omfattas av krav på återkommande kontroll enligt Arbetsmiljöverkets föreskrifter. De besiktigas första gången efter 3 år, andra gången när maskinen är 5 år och därefter varje år. Grävmaskiner med en tjänstevikt under 1 500 kg omfattas ej av besiktningsföreskriften.
- Arbetsmaskiner som är registrerade som Motorredskap klass I (> 30 km/h) omfattas av krav på kontrollbesiktning enligt Vägverkets föreskrifter. Kontrollbesiktning sker första gången efter 3 år och därefter vartannat år.
- Arbetsmaskiner som är registrerade som Motorredskap klass II (≤ 30 km/h) är besiktningspliktiga endast om de används för hängande last (t ex hjullastare och teleskoptruckar utrustade med kranarm) och skall då genomgå årlig besiktning.

Utöver ovanstående kontroller utför SMP även frivilliga kontroller av t ex säkerhet eller brandskydd. Dessa tjänster utförs på i princip alla maskinslag.

För grävlastare, bandgrävmaskiner, hjulgrävmaskiner och minigrävmaskiner $\geq 1,5$ ton, som alltid omfattas av återkommande kontroll, går det direkt från SMPs besiktningsregister att få en tämligen säker siffra på totalantalet och åldersfördelningen. För att bestämma det totala antalet för dessa maskiner måste dock vissa korrigeringar göras för:

- SMPs marknadsandel för ovanstående kontroller
- Arbetsmaskiner som inte besiktigas trots besiktningsplikt
- Maskiner som är < 3 år eftersom många av dessa inte finns i besiktningsregistret på grund av att de ännu inte genomgått sin första föreskrivna besiktning

För övriga maskintyper, som är besiktningspliktiga i olika grad beroende på hur de är registrerade och/eller utrustade, kan inte säkra värden på totalantal och åldersfördelning erhållas enbart utifrån uppgifter i SMPs register. Det är dock rimligt att anta att det för vart och ett av dessa maskinslag är ett slumpvis urval ur hela populationen som kontrolleras, d v s åldersfördelningen är representativ. Med det antagandet kan åldersfördelningen justeras utifrån försäljningsstatistik. Mellan åren 1998 och 2003 finns tillförlitliga data både vad det gäller försäljnings- och besiktningsstatistik (före 1998 finns ingen tillgänglig försäljningsstatistik och andelen besiktigade maskiner sjunker efter år 2003 eftersom det vid rapportens författande motsvarar maskiner < 3 år).

För samtliga maskiner (besiktningspliktiga och ej besiktningspliktiga) har under åren 1998-2006 det högsta antalsvärdet från antingen korrigerade besiktningsdata eller försäljningsdata använts. Detta innebär i praktiken att för de flesta maskinkategorier används försäljningsdata istället för korrigerade besiktningsdata för framför allt de tre sista åren eftersom de är underrepresenterade i SMPs besiktningsregister. I Bilaga A redogörs i detalj för vilka korrigeringar och beräkningar som använts för att få fram antal-åldersfördelningen när det gäller entreprenadmaskiner samt truckar. I Bilaga B återfinns en tabell med de korrigerade åldersfördelningarna av antalet maskiner.

Drifftider som funktion av ålder

När det gäller drifftider finns sedan år 2000 timmätarställningar registrerade i SMPs databas från i princip alla kontrolltillfällen för individuella maskiner.

Av databasen framgår typ av arbetsmaskin samt maskinens tillverkningsår. För varje registrerad timmätarställning har differensen mot närmast föregående noterade timmätarställning beräknats. För en viss arbetsmaskin kan alltså flera observerade tidsdifferenser förekomma eftersom avläsning görs i samband med varje besiktning/kontrolltillfälle. Årlig drifftid vid en viss maskinålder har beräknats enligt:

$$Hr = \Delta t * 365 / n$$

där Hr = Årlig drifftid i timmar, Δt = Avläst tidsdifferens i timmar jämfört med föregående avläsningstillfälle och n = Antal dagar mellan besiktningarna.

För att sortera bort osäkra samt felaktiga observationer (se Wetterberg, 2002) har bara observationer i intervallet $5 \text{ h} \leq Hr \leq 5\,076 \text{ h}$ använts.

Åldersvisa medelvärden för de beräknade drifftiderna samt de antal observationer som medelvärdena baseras på, redovisas i Bilaga C. Medelvärden baserade på ≤ 5 observationer har ansetts ge för dåligt statistiskt underlag och har därför uteslutits.

Totala antalet observationer per maskintyp varierar kraftigt vilket förklaras dels av att de olika maskinerna förekommer i olika antal, dels av att de i olika grad omfattas av besiktningsskyldighet (se ”Antal maskiner som funktion av årsmodell”). För de arbetsmaskiner som alltid omfattas av besiktningsskyldighet är antalet observationer ca 10 000 per maskinslag.

Resultat och diskussion

Försäljningsstatistik

Maskinleverantörerna (en branschförening för leverantörer och återförsäljare av arbetsmaskiner) har tillhandahållit försäljningsstatistik för skogsmaskiner, entreprenadmaskiner och truckar mellan åren 1998-2006. Denna statistik täcker enligt uppgift i de flesta fall in 90-96 % av den totala försäljningen av arbetsmaskiner med motoreffekt mellan 37 - 560 kW. Det totala antalet sålda maskiner för olika maskingrupper redovisas i tabell 5 och figur 2. För att få fram dessa data har statistiken bearbetats; Arbetsmaskiner med en motoreffekt under 37 kW har (med undantag av minigrävare) sorterats bort. Detta gäller t ex små kompaktlastare (maskinvikt < 2 ton vilket normalt innebär en motoreffekt < 37 kW) och små tandemvärltar (maskinvikt < 4 ton). Försäljningssiffrorna har korrigerats för att motsvara 100 % av försäljningen utifrån den försäljningsandel som statistiken täcker in för olika arbetsmaskiner. När det gäller år 2006 är detta en prognos som baseras på den totala försäljningen vid månadsskiftet september/oktober 2006 och den procentuella försäljningsökningen de sista tre månaderna för åren 2004 och 2005.

Tabell 5. Antal sålda dieseldrivna skogsmaskiner, entreprenadmaskiner och truckar i Sverige i effektintervallet 37-560 kW [antal/år]

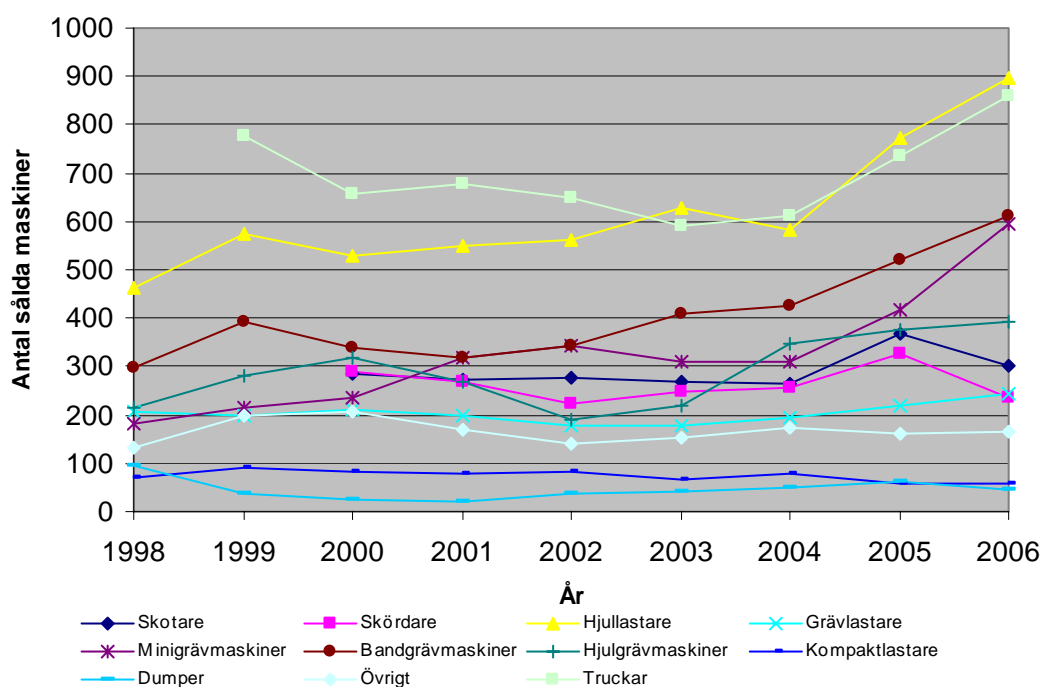
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Medel
<u>Skogsmaskiner</u>										
Skotare	-	-	284	274	276	267	265	370	301	291
Skördare	-	-	289	268	224	250	254	327	238	264
<u>Entreprenadmaskiner</u>										
Hjullastare	463	575	527	551	562	629	581	775	897	618
Grävlastare	208	197	213	199	178	176	194	218	245	203
Minigrävmaskiner ²	180	216	235	320	341	310	311	416	595	325
Bandgrävmaskiner	296	394	339	319	343	409	426	520	613	407
Hjulgrävmaskiner	217	282	320	267	191	219	348	375	393	290
Kompaktlastare	72	89	81	80	82	67	78	56	56	73
Dumper	96	36	23	20	38	43	51	60	46	46
Övrigt ³	131	200	207	169	139	153	172	161	165	166
Truckar ⁴	-	776	657	677	648	592	610	737	859	694

¹Siffrorna har korrigerats 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.

²Med minigrävmaskiner avses bandgrävmaskiner 0-6 ton vilket ungefär motsvarar en motoreffekt < 37 kW

³Med övrigt avses tipptruckar, bandlastare, bandschaktare, vägghyvlar, asfaltutläggare och vältar.

⁴Med truckar avses motviktstruckar och teleskoptruckar



Figur 2. Antal sålda arbetsmaskiner 1998-2006. Förutsättningar enligt tabell 5.

De arbetsmaskiner som säljs i störst antal är hjullastare, truckar, bandgrävmaskiner och minigrävmaskiner. För dessa maskiner har försäljningen ökat markant de senaste 2-3 åren. För övriga maskiner ligger försäljningssiffrorna förhållandevis konstant inom den aktuella tidsperioden. Under perioden 1998-2006 har det i medeltal sålts 555 skogsmaskiner per år, 2 128 entreprenadmaskiner per år och 694 truckar per år. De senaste tre åren har det årligen sålts ungefär 4 000 arbetsmaskiner av de maskinslag som ingår i tabell 5 (37 - 560 kW). Räknar man in traktorer och skördetröskor (3 300 per år respektive 150 – 200 per år) blir totalsiffran ungefär 7 500 per år.

I tabell 6 redovisas hur försäljningen av arbetsmaskinerna mellan 2000 och 2006 fördelar sig på de tre effektklasserna 37 - 75 kW, 75 - 130 kW och 130 - 560 kW. I den ursprungliga försäljningsstatistiken finns, beroende på maskintyp, en indelning i olika klasser med avseende på antingen maskinvikt, lastkapacitet, lyftkapacitet eller motoreffekt. För att åstadkomma en indelning enbart efter effekt var det nödvändigt att ”översätta” maskinvikter, lastkapaciteter och lyftkapaciteter till effekt. Detta har gjorts genom att i specifikationer på tillverkarens hemsidor jämföra dessa uppgifter för ett stort antal tillverkare och modeller. Användandet av denna ”översättning” bygger på antagandet att förhållandet mellan maskinvikt etc. och motoreffekt inte har förändrats nämnvärt de senaste sex åren. I Bilaga D presenteras den nyckel som använts vid ”översättningen” till effekt.

Tabell 6. Antal sålda dieseldrivna skogsmaskiner, entreprenadmaskiner och truckar i Sverige åren 2000-2006 fördelat på motoreffekt [medelantal/år]¹

	Effekt(kW)		
	37-75	75-130	130-560
<u>Skogsmaskiner</u>			
Skotare	0	224	67
Skördare	0	113	151
<u>Entreprenadmaskiner</u>			
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
<u>Truckar³</u>	<u>431</u>	<u>164</u>	<u>84</u>

¹Siffrorna 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.

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

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

I tabell 6 kan man se att kompaktlastare är den maskinkategori med störst andel maskiner i effektintervallet 37-75 kW, följt av truckar och övrigt. Bland dumprar, mobilkranar och skördare återfinns den största andelen maskiner i effektintervallet 130-560 kW. Under den 7-årsperioden som tabellen illustrerar var antalsfördelningen mellan effektklasserna för de olika maskinerna i tabell 6 relativt oförändrad.

Antal maskiner

I tabell 7 visas en sammanställning av antalet aktiva maskiner enligt bedömningen i denna rapport, jämfört med det angivna antalet i tidigare rapporter.

Under de olika maskinkategoriernas respektive rubrik redogörs i detalj för hur antalsdata för den aktuella bedömningen tagits fram samt hur antalet fördelas på årsmodell och effektklasser.

Tabell 7. Antal aktiva dieseldrivna arbetsmaskiner

År	ME ¹	EMMA ²	SMED ³	Aktuell bedömning
	2000	2002	2002	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

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

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

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

⁴Omfattar även bensen- och gasol drivna traktorer samt traktorer med motoreffekt < 37 kW.

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

⁶Avser summan minigrävmaskiner + bandgrävmaskiner.

⁷Avser grävlastare + samtliga övriga grävmaskiner.

Den största relativa skillnaden jämfört med tidigare rapporter är ökningen av grävmaskiner/grävlastare; en ökning med 75 - 300 % jämfört med SMED (Flodström et al., 2004). I förhållande till de övriga källorna är ökningen totalt för grävmaskiner/grävlastare ca 90 %. För alla grävmaskiner utom grävlastare har antalet sålda maskiner ökat kraftigt de senaste åren men skillnaden jämfört med tidigare rapporter kan bara delvis förklaras av detta. Den största skillnaden med avseende på faktiskt antal är ökningen av antalet traktorer med ungefär 43 000 enheter (28 %). Inte heller denna ökning kan förklaras enbart med antalet sålda traktorer de senaste åren. De källor som använts för den aktuella bedömningen i form av besiktningsstatistik verifierad mot försäljningsstatistik samt statistik från SCB bedöms dock ge mycket trovärdiga antalssiffror.

Traktorer

Detaljerade data över traktorer uppdelat på bland annat ålder och motoreffekt har sammanställts av Statistiska centralbyrån (SCB, 2004). Fordonsregistret har samkörts med

SCB:s företagsregister för att kunna fördela de individuella traktorerna på olika näringsgrenar. För traktorer har följande övergripande näringsgrenar valts:

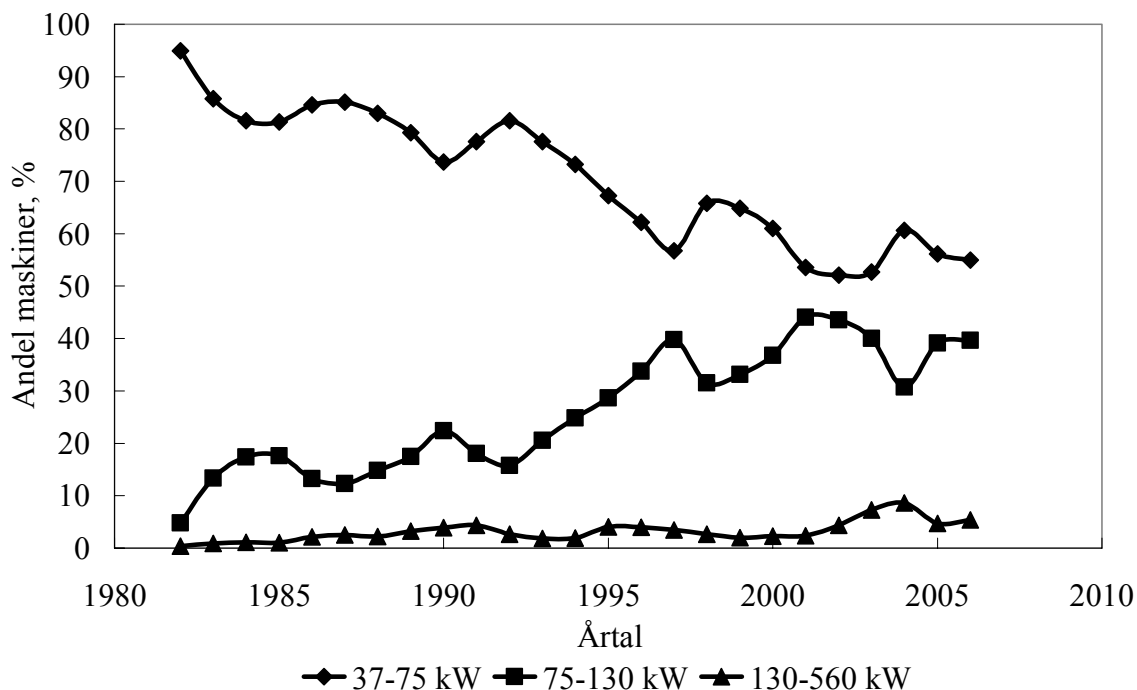
- Jord och skogsbruk
- Industri
- Samhälle

I SCB:s företagsregister förekommer en mängd olika näringsgrenar som var för sig har fördelats på de ovan övergripande sektorerna. I tabell 8 presenteras hur de olika näringsgrenarna har allokerats till övergripande nivåer samt totalt antal traktorer i respektive näringsgren.

Tabell 8. Antal traktorer i olika näringsgrenar

Näringsgren	Jord och skogsbruk	Industri	Samhälle
Fiske	90		
Jordbruk, jakt och skogsbruk	114 000		
Byggverksamhet		6 600	
El-, gas-, värme- och vattenverk		140	
Fastighets- och uthyrningsverksamhet, företagstjänster		4 400	
Finansiell verksamhet		30	
Hotell och restaurangverksamhet		320	
Okänd näringsgren		3 500	
Parti- och detaljhandel		5 200	
Tillverkningsindustri		3 300	
Transport, magasinering och kommunikation		2 300	
Utvinning av mineral		290	
Andra samhällsliga och personliga tjänster			2 500
Hälso- och sjukvård, sociala tjänster			1 600
Offentlig förvaltning och försvar			100
Privatpersoner			51 000
Utbildning			610
Summa	114 000	26 000	56 000

Drygt hälften av alla registrerade traktorer återfinns inom jord- och skogsbruket medan ca 15 % arbetar inom någon form av industriverksamhet. Inom samhällssektorn finns majoriteten av traktorerna registrerade på enskilda privatpersoner. I figur 3 redogörs för hur andelen traktorer i de tre effektklasserna har varierat under åren 1982-2006. Figuren visar en tydlig trend att traktorerna har blivit större, andelen i klassen 37 -75 kW har minskat till fördel för klassen 75-130 kW. En anledning till denna tydliga trend är att det stora flertalet traktorer ligger runt just 75 kW. Även en liten ökning i effekt kan vara avgörande för i vilken av dessa två effektklasser en traktor kommer att ingå.



Figur 3. Andelen traktorer i de tre effektklasserna 37-75 kW, 75-130 kW och 130-560 kW under åren 1982-2006

I Bilaga B redovisas detaljerade siffror för hur traktorerna fördelar sig på årsmodell och effektklasser.

Åldersfördelningen för traktorerna och övriga antaganden samt beräkningar är mer utförligt beskrivna av Lindgren (2007).

Skördetröskor

För tröskor finns i princip ingen relevant och aktuell statistik för annat än totalantal. Enligt Jordbruksverket fanns det 1999 ca 35 000 tröskor i Sverige (SCB, 2005). Samtidigt uppger återförsäljare att den årliga försäljningen av skördetröskor i Sverige är ca 150 till 200 enheter. Kombinerar dessa data kan man beräkna en livslängd på ca 175 till 230 år vilket är orimligt och inte kan nyttjas för bedömning av åldersfördelningen. Däremot kan man på basis av den totala areal av grödor som årligen tröskas i Sverige beräkna hur mycket arbete dessa tröskor utför. Lindgren et al. (2002) har visat att en genomsnittlig skördetröska, 18 fot, avverkar ca 1,85 ha/h eller $2,27 \cdot 10^{-2}$ ha per kWh levererad motoreffekt. För att tröska hela arealen krävs ca 3 000 till 6 000 tröskor vid en årlig arbetstid på 100 till 200 timmar. För detta projekt antogs att antals- och åldersfördelningen för skördetröskor kunde approximeras med antals- och åldersfördelningen för jordbrukstraktorer förutom för nya skördetröskor. För skördetröskor yngre än 6 år antogs att en större mängd av tröskorna hamnade i den högsta effektklassen. Antals- och åldersfördelningen är utförligare beskriven av Lindgren (2007). I tabell 9 redovisas antalet skördetröskor fördelat på effektklasser.

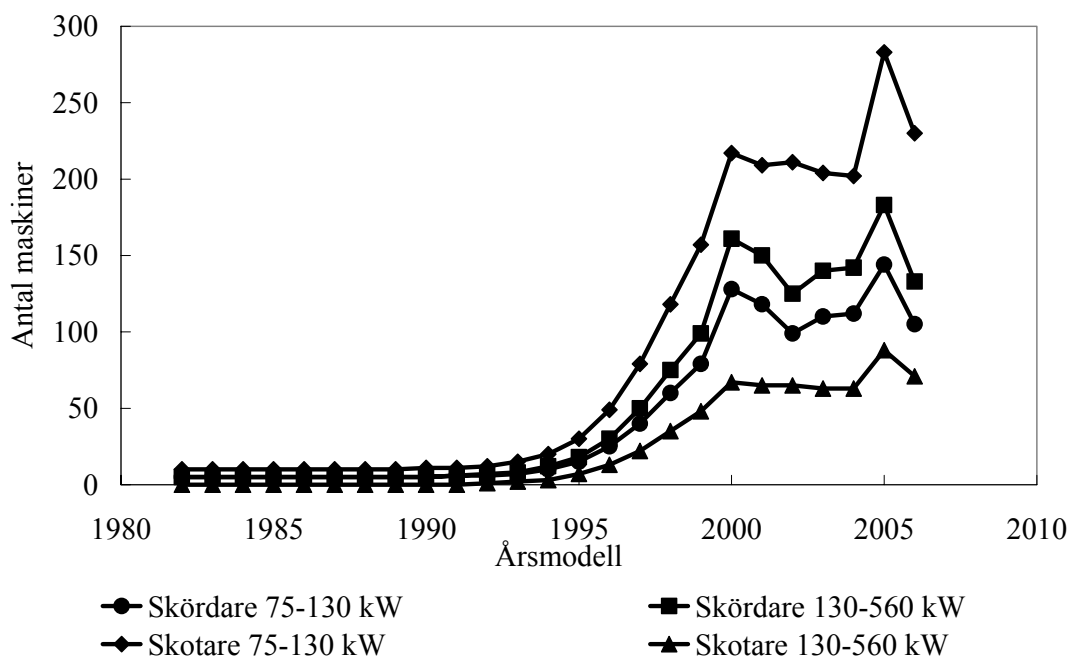
Tabell 9. Antal skördetröskor fördelat på effektklasser

Motoreffekt kW	Antal
37-75	29 000
75-130	5 100
130-560	1 300

Vidare antogs det att skördetröskor har en relativt lång livslängd, ca 4 000 timmar eller motsvarande ca 20 år. I Bilaga B redovisas hur skördetröskorna fördelar sig på årsmodell och effektklasser. Mer information rörande antaganden och beräkningar för åldersfördelningen av skördetröskor finns dokumenterat av Lindgren (2007).

Skogsmaskiner

Liksom för skördetröskor finns endast begränsade data tillgängliga för antals- och åldersfördelningen för skogsmaskiner. Dock finns data över årligen sålda enheter, fördelat på både skotare och skördare i tabell 5. Enligt Wetterberg (2002) används skogsmaskiner intensivt inom det industriella skogsbruket i ca 7 år innan maskinen skrotas eller på annat sätt försvinner från marknaden. För att bedöma antals- och åldersfördelningen för dessa 7 år har försäljningsstatistiken utnyttjats strikt. Dock är det rimligt att anta att det även finns en hel del skogsmaskiner i Sverige som är äldre än 7 år. För att uppskatta dessa maskiner har en generell skrotningskurva använts. Kurvan är anpassad till de för skogsmaskiner rådande förhållandena enligt Lindgren (2007). Antalet skogsmaskiner har fördelats på de olika effektklasserna utifrån försäljningsstatistik 2000-2006 (Tabell 10). I figur 4 presenteras för skogsmaskiner antagen antals- och åldersfördelning.



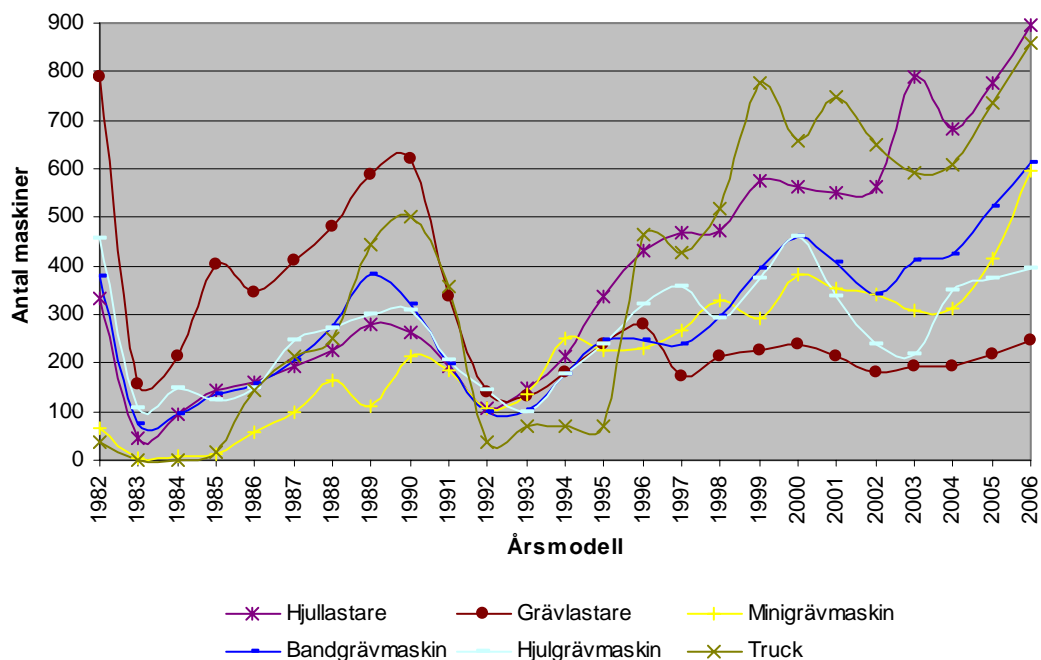
Figur 4. Antals- och åldersfördelning för skördare och skotare

Entreprenadmaskiner och truckar

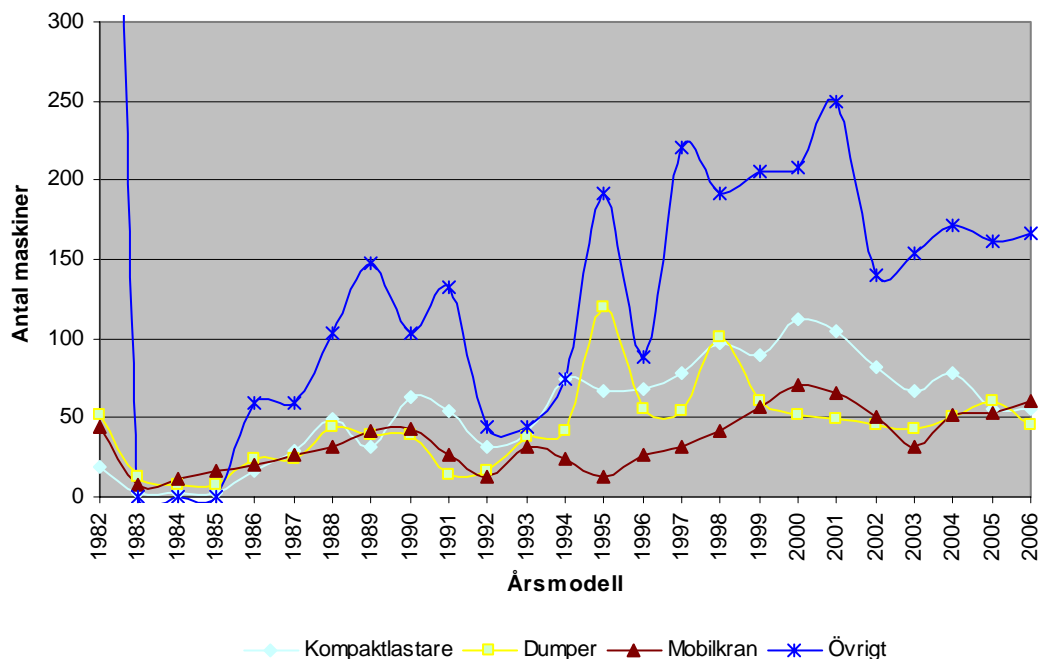
Från SMP:s besiktningsregister (se ”Besiktningsstatistik”), försäljningsstatistik från maskinleverantörerna (se ”Försäljningsstatistik”) och fordonsregistret har antalsdata uppdelat på ålder tagits fram för entreprenadmaskiner och truckar. För grävlastare och

hjulgrävmaskiner har huvudsakligen SMPs besiktningssystem använts eftersom dessa maskiner alltid är besiktningsskyldiga. Bandgrävmaskiner inklusive minigrävmaskiner är också besiktningsskyldiga men för dessa maskiner har besiktningsskyldighetsdata justerats mot försäljningsstatistik eftersom definitionen för vad som räknas som minigrävare respektive bandgrävare skiljer sig åt. Beteckningen ”minigrävmaskin” används i samband med besiktning för att kunna göra en korrekt prissättning (minigrävmaskiner tar kortare tid att besiktiga än stora grävmaskiner). Det innebär att det inte finns någon exakt effekt- eller viktgräns som avgör kategoriseringen. För hjullastare, kompaktlastare, truckar och övrigt har en kombination av SMPs besiktningssystem och försäljningsstatistik använts. När det gäller dumprar och mobilkranar har detaljerade data från fordonsregistret varit tillgängliga, då dessa fordon är registreringskyldiga som tung terrängvagn respektive motorredskap klass I inrättade som mobilkran. Av bilaga A framgår i detalj hur rådata har korrigerats för att kompensera för marknadsandelar, andelar besiktigade maskiner etc.

Figur 5 och 6 visar hur maskinerna fördelar sig på årsmodell.



Figur 5. Antal hjullastare, grävlastare/grävmaskiner och truckar som funktion av årsmodell.



Figur 6. Antal kompaktlastare, dumprar, mobilkranar och maskiner inom kategorin övrigt som funktion av årsmodell

För de flesta maskinslagen framgår konjunkturcyklerna tydligt med toppar kring år 1990 och 2000 samt en svacka kring åren 1992 - 1993. Det är också uppenbart att för de senaste åren, med undantag för något enstaka maskinslag, är trenden att antalet maskiner ökar snabbt. Antalsciffrorna för år 1982 innefattar alla maskiner äldre än 1982, vilket förklarar de höga siffrorna för detta år. Anledningen till att alla ”gamla” maskiner sammanförts till ett år är att undvika hanteringen av alltför stora datamatriser vid utsläppsberäkningarna. Från 1982 och bakåt avtar antalet av de olika maskinslagen för varje år.

En intressant iakttagelse är att grävlastare var den maskin som dominerade under högkonjunkturen 1990 medan andelen grävlastare nyare än 10 år är låg. Detta kan delvis förklaras av att Volvo, som har stor marknadsandel, lade ned produktionen av grävlastare runt 1995. Nedgången för grävlastare åtföljs av en kraftig uppgång vad det gäller andra grävmaskiner, vilket verkar rimligt.

Även hjullastare står för en betydligt större andel av arbetsmaskinerna de senaste åren, jämfört med högkonjunkturen 1990, medan andelen truckar var stor redan 1990 och har så varit även de senaste 10 åren.

Antalet entreprenadmaskiner och truckar har fördelats på effektklasserna 37 - 75 kW, 75 - 130 kW och 130 - 560 kW enligt fördelningsnyckeln i tabell 10. Underlaget har varit försäljningsstatistik år 2000-2006 (se 0 ”Försäljningsstatistik”) i samtliga fall utom två. Till skillnad mot för traktorer, där antalsfördelningen i de tre effektklasserna är känd för alla år, så är det bara för dessa 7 år (2000-2006) som vi har antalsfördelningsdata för entreprenadmaskiner och truckar. Trenden för dessa 7 år är dock, till skillnad mot för traktorer, att antalsfördelningen mellan effektklasserna är relativt oförändrad. För dumprar och mobilkranar har uppgifter från fordonregistret använts för antalsfördelningen i effektklasser. Motoreffekten för omkring 15 % av dumprarna respektive mobilkranarna har tagits fram och sedan använts för att bedöma effekten på resterande maskiner. För dumprar

har jämförelsen gjorts med avseende på specifika modeller (dumprarna i Sverige består till mycket stor del av några få modeller) och för mobilkranarna genom en linjär korrelation till maskinvikt, vilken är känd för samtliga mobilkranar. Som tidigare nämnts ligger effekten för minigrävmaskiner under 37 kW och de finns därför inte med i tabell 10.

Tabell 10. Fördelningsnyckel som använts för att bestämma hur antalet arbetsmaskiner fördelar sig i effektklasser. Underlaget är försäljningsstatistik år 2000-2006 (Tabell 5)

	Effekt(kW)		
	37-75	75-130	130-560
<u>Skogsmaskiner</u>			
Skotare	0	0,77	0,23
Skördare	0	0,43	0,57
<u>Entreprenadmaskiner</u>			
Hjullastare	0,16	0,46	0,38
Grävlastare	0,04	0,96	0
Bandgrävmaskin	0,24	0,42	0,34
Hjulgrävmaskin	0,10	0,90	0
Kompaktlastare	1,00	0	0
Dumper ¹	0	0,07	0,93
Mobilkran ¹	0	0,25	0,75
Övrigt	0,50	0,32	0,19
Truck	0,63	0,24	0,12

¹Data ej baserat på försäljningsstatistik utan på uppgifter från fordonsregistret

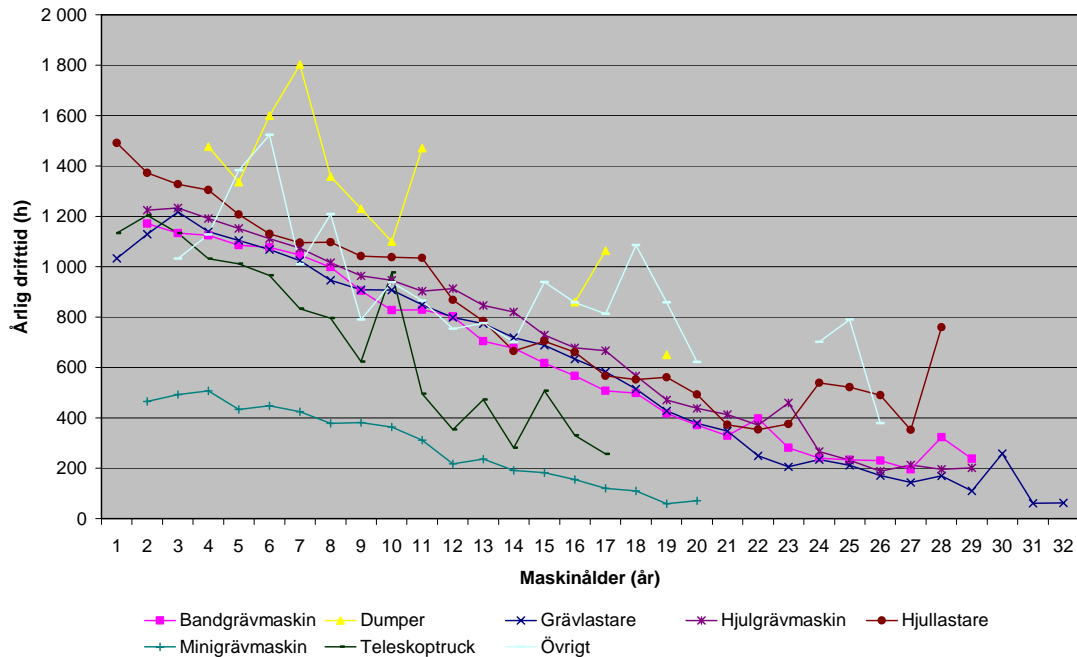
I Bilaga B redovisas den datamatrix med korrigerade antalsdata fördelat på årsmodell och effektklasser som använts som indata vid emissionsberäkningarna.

Drifttid

Drifttiden för arbetsmaskiner har tidigare visat sig vara starkt beroende av maskinålder (Wetterberg, 2002) och detta är en viktig faktor att ta med vid beräkningen av utsläpp. Att det finns ett stort antal av någon kategori/åldersgrupp av arbetsmaskiner behöver inte innebära att de bidrar mycket till de totala utsläppen om de bara används ett fåtal timmar per år.

Entreprenadmaskiner och truckar

När det gäller drifttid har för entreprenadmaskiner och truckar underlag från SMPs besiktningsregister nyttjats (se 0” Besiktningsstatistik” samt Bilaga C). I figur 7 redovisas drifttiden som funktion av ålder på maskinerna.



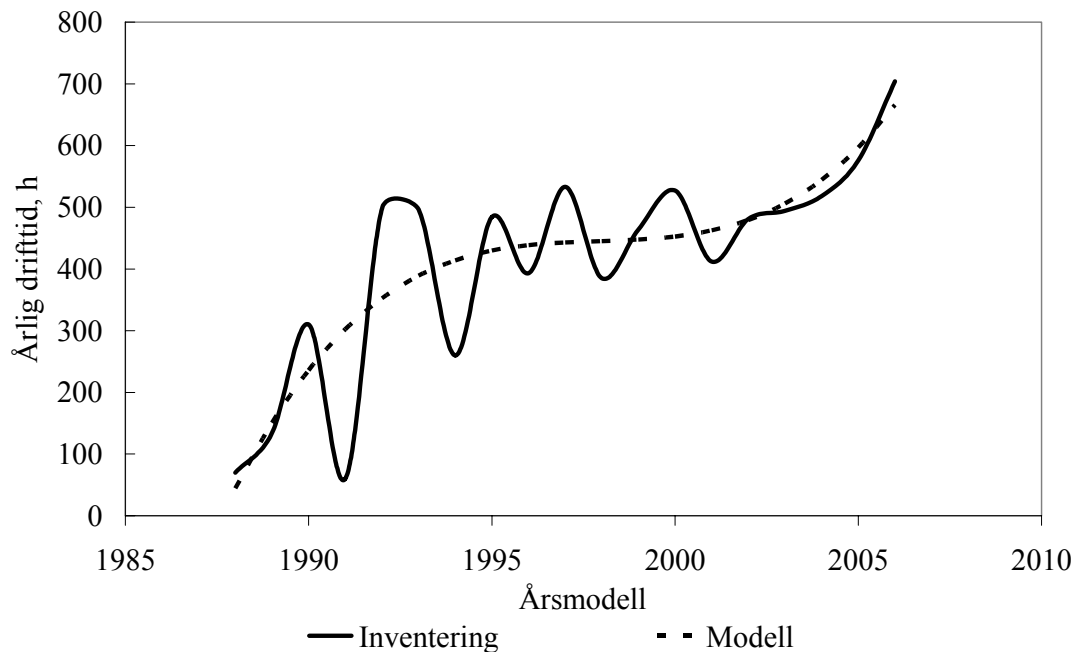
Figur 7. Årlig drifttid för entreprenadmaskiner som en funktion av maskinernas ålder.

Den årliga drifttiden minskar så gott som linjärt med ålder på maskinerna. Bandgrävmaskiner, hjulgrävmaskiner, grävlastare, hjullastare och minigrävare som baseras på det i särklass bästa statistiska underlaget dvs flest observationer (se Bilaga C), uppvisar linjära samband med liten spridning. Drifttiden är påtagligt lik för dessa maskiner, bortsett från för minigrävmaskiner. Dumprar, teleskoptruckar och kategorin övrigt baseras på färre observationer och uppvisar en större spridning. Det står också klart att minigrävare används mindre än de andra maskinerna, att drifttiden för teleskoptruckar avtar något snabbare än för de andra samt möjligen en tendens till att drifttiderna är högst för dumprar. För kompaktlastare och mobilkranar finns inte säkra data eftersom det finns för få observationer. Drifttiden för minigrävare har approximerats med drifttiden för kompaktgrävare och drifttiden för mobilkranar med drifttiden för dumprar.

Som indata till emissionsberäkningarna har linjära modeller av drifttiden som funktion av ålder använts. Mer detaljerad beskrivning av dessa finns i Lindgren (2007).

Traktorer, skördetröskor och skogsmaskiner

Drifttid som funktion av maskinålder för traktorer följer inte samma linjära trend som uppvisades för entreprenadmaskiner. Enligt Wetterberg (2002) kan drifttiden för traktorer anpassas med ett polynom, se figur 8.



Figur 8. Inventerad årlig drifttid för traktorer samt en matematisk modell anpassad till inventerade data.

Skördetröskor och skogsbruksmaskiner antas följa samma trend som traktorer, d.v.s. en relativt hög årlig drifttid som ligger konstant under flera år för att sedan sjunka kraftigt. I tabell 11 redovisas årliga drifttider för nya maskiner.

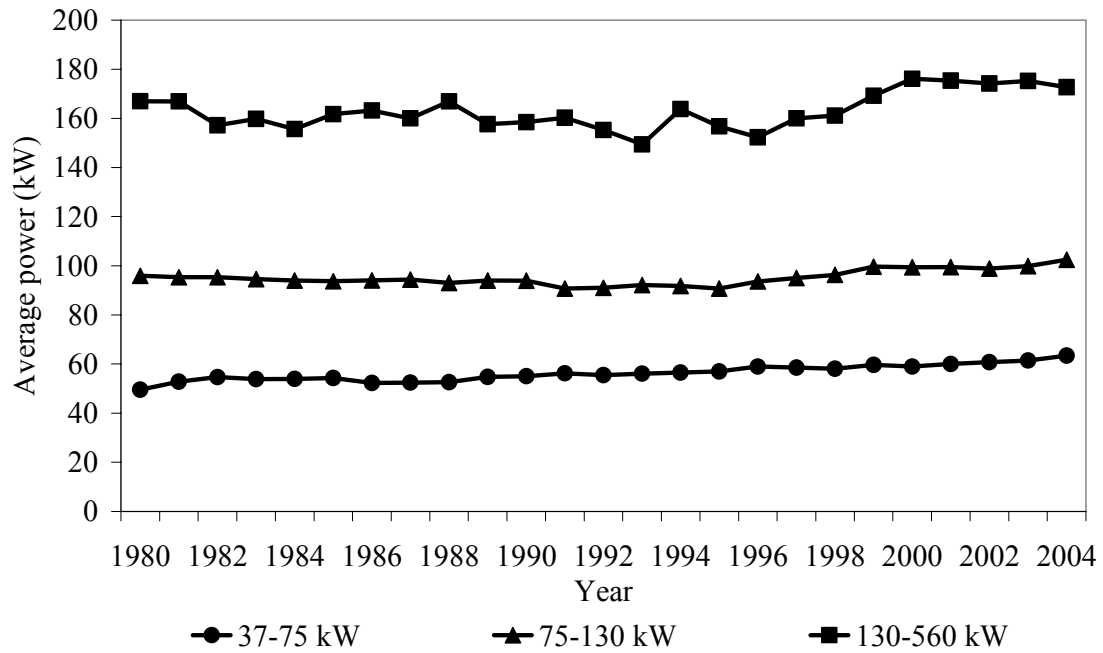
Tabell 11. Årlig drifttid i timmar för nya maskiner

	37 – 75 kW	75 – 130 kW	130 – 560 kW
Jord- och skogsbrukstraktorer	500	500	500
Samhällstraktorer	270	516	800
Industritraktorer	800	800	1 250
Skördetröskor	175	175	175
Skotare		2 550	2 550
Skördare		2 550	2 550

Orsaken till den höga årliga drifttiden för skotare och skördare är att dessa maskiner används intensivt i skogsbruket, ofta i skift. Beräkning av drifttimmar som funktion av ålder på maskinen är utförligare beskrivet av Lindgren (2007).

Motoreffekt

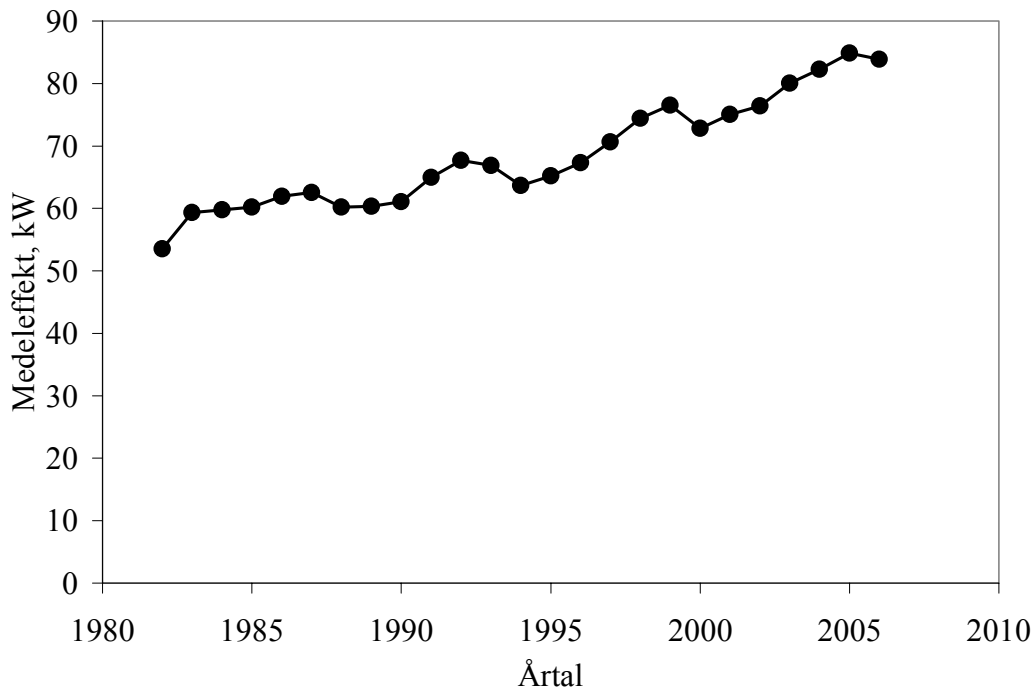
Motoreffekt för de olika maskinerna beskrivs som genomsnittlig motoreffekt för samtliga maskiner inom en maskin- och effektkategori. För traktorer, som enligt lag är registreringspliktiga, har data hämtats från SCB (SCB, 2004). Från dessa data kan även genomsnittlig motoreffekt som funktion av ålder på traktorerna beräknas. I figur 9 redovisas genomsnittlig motoreffekt för traktorer fördelat på 37-75 kW, 75-130 kW och 130-560 kW.



Figur 9. Genomsnittlig motoreffekt för traktorer som funktion av årsmodell

Ur figuren kan man utläsa att den genomsnittliga effektökningen var ca 0,25 kW per år för samtliga effektkategorier. Denna förändring av genomsnittlig motoreffekt som funktion av ålder på maskinen användes för samtliga inom projektet ingående maskinkategorier. Antaganden och beräkningar är utförligare beskrivna av Lindgren (2007).

I figur 10 redovisas hur medeleffekten genom åren har förändrats inom hela effektintervallet 37-560 kW. Den tydliga trenden för traktorer är att motoreffekten har ökat genom åren. Det är framför allt traktorer i effektklassen 37-75 kW som minskat till fördel för traktorer i effektklassen 75-130 kW, vilket redogörs för i avsnitt "Traktorer".



Figur 10. Genomsnittlig motoreffekt för traktorer i effektintervallet 37-560 kW som funktion av årsmodell

När det gäller andra maskiner än traktorer finns det inte lika omfattande underlag tillgängligt vad avser förändringen av motoreffekt genom åren. För entreprenadmaskiner och truckar finns data för de senaste 7 åren vad det gäller antalsfördelning i de tre effektklasserna. Dessa visar dock på att motoreffekten under den tidsperioden varit relativt oförändrad (se avsnitt ”Entreprenadmaskiner och truckar”).

För övriga maskiner har flera olika litteraturkällor använts för att uppskatta genomsnittlig motoreffekt (Wetterberg, 2002; Persson och Kindberg, 1999; Flodström et al., 2004 och Fordonsregistret). Data över genomsnittlig motoreffekt för samtliga maskiner finns redovisade i tabell 12.

Tabell 12. Genomsnittlig motoreffekt som funktion av maskin och effektkategori

Kategori	37-75 kW	75-130 kW	130-560 kW
Jord och skogsbrukstraktorer	62	100	170
Samhällstraktorer	60	99	176
Industritraktorer	60	101	171
Skördetröskor	61	100	208
Skotare		116	151
Skördare		101	151
Hjullastare	69	101	199
Grävlastare	71	93	
Minigrävare ¹	29		
Bandgrävmaskiner	42	96	151
Hjulgrävmaskiner	61	101	
Kompaktlastare	41		
Dumper		91	201
Mobilkran		118	254
Truck	64	103	162
Övriga	61	103	180

¹ Minigrävare har en motoreffekt under 37 kW

Större mobilkranar (5 eller fler hjulaxlar, lyftkapacitet \geq ca 100 ton, maskinvikt \geq ca 60 ton) har normalt två motorer. En chassimotor för framdrift/transport och en mindre som driver hydraulpumpen vid krandrift. När maskinen är uppställd går alltså endast den mindre motorn. Typiskt sett är den mindre motorn på mindre än hälften av den stora motorns effekt. Mindre mobilkranar har bara en motor. Andelen större mobilkranar (med maskinvikt \geq 60 ton) är i Sverige ungefär 20 % (Fordonsregistret) och för dessa baseras beräkningarna av genomsnittlig motoreffekt på den större motorn.

För ytterligare data hänvisas till Lindgren (2007).

Belastningsfaktor

Arbetsmaskiner används för en rad olika arbetsoperationer med varierande belastning på motorn. Endast under en mycket begränsad tid arbetar maskinerna vid full effekt (Lindgren et al., 2002). För att ta hänsyn till den genomsnittliga belastningen av motorn måste belastningsfaktorer användas i kombination med den ovan angivna motoreffekten. Oftast är belastningsfaktorn uppskattad utifrån genomsnittlig bränsleförbrukning och motoreffekt. Dock uppskattar många maskinförare och entreprenörer bränsleförbrukningen vid enbart arbete och utelämnar den tid då motorn går på tomgång. Eftersom timmätarställningen i princip är oberoende av motorns belastningsgrad kommer den uppskattade bränsleförbrukningen och därmed belastningsfaktorn i så fall att överskattas.

Lindgren (2007) har beräknat belastningsfaktorer för en rad olika arbetsmaskiner baserat på data från US EPA (2004), Starr et al. (1999) Ullman et al. (1999), Hansson et al. (2001), Lindgren et al. (2002), Löfgren (2002) och Flodström et al. (2004). I tabell 13 visas de resulterande belastningsfaktorerna för de olika maskin- och effektkategorierna.

Tabell 13. Belastningsfaktor som funktion av maskin och effektkategori

Kategori	37 - 75 kW	75 - 130 kW	130 - 560 kW	Källa
Jord och skogsbrukstraktorer	33	33	40	Hansson et al.
Samhällstraktorer	33	33	40	Hansson et al.
Industrietraktorer	40	40	57	Persson & Kindbom Flodström et al.
Skördetröskor	35	35	35	Lindgren et al. Flodström et al.
Skotare		20	20	Löfgren
Skördare		30	30	Löfgren
Hjullastare	48	48	48	US EPA
Grävlastare	21	21	21	US EPA
Bandgrävmaskiner	40	40	40	Persson & Kindbom Flodström et al.
Hjulgrävmaskiner	40	40	40	Persson & Kindbom Flodström et al.
Kompaktlastare	23			US EPA
Dumprar		21	21	US EPA
Mobilkranar		40	40	Persson & Kindbom Flodström et al.
Truckar	40	40	40	Persson & Kindbom Flodström et al.
Övriga	33	38	34	Medel av entreprenad-maskiner

För ytterligare data hänvisas till Lindgren (2007).

Totala emissioner och bränsleförbrukning

Årliga emissionsnivåer och bränsleförbrukning från sektorn arbetsmaskiner i Sverige för år 2006 redovisas i tabell 14. I samma tabell redovisas data baserade på emissionsfaktorer motsvarande gränsvärden för typgodkännande.

Tabell 14. Årliga emissions- och bränsleförbrukningsmängder från sektorn arbetsmaskiner 2006 beräknat både utifrån emissionsfaktorer baserade på utsläppsgränsvärden (CORINAIR) och utifrån korrigerade emissionsfaktorer enligt 0. "Korrigerig av emissions- och bränslefaktorer"

	Enhet	Årliga nivåer	
		Korrigerade ef ¹	Gränsvärde
Antal maskiner	st	290 000	290 000
Bränsleförbrukning	ton/år	880 000	820 000
CO ₂	ton/år	2 800 000	2 600 000
CO	ton/år	6 000	16 000
HC	ton/år	2 200	4 800
NO _x	ton/år	23 000	27 000
PM	ton/år	1 000	2 100
SO _x	ton/år	1,8	1,6

¹ ef = emissionsfaktorer

Emissioner av NO_x påverkades endast i mindre grad av de justerade emissionsfaktorerna medan övriga emissioner visar en relativt kraftig minskning. De verkliga emissionerna av CO uppgick endast till ca en tredjedel av den nivå som erhöles vid användandet av gränsvärden för typgodkännande. Även för HC och PM är skillnaden stor och motsvarar en dubbling. Orsaken till skillnaderna i utsläppsnivåer när korrigerade emissionsfaktorer används redogörs för i avsnitt "Korrigerig av emissions- och bränslefaktorer". Sett över hela maskinparken motsvarar den genomsnittliga bränsleförbrukningen per maskin och år ca 3 ton eller 3,7 m³ diesel per år. För NO_x och PM var motsvarande årliga emissioner ca 80 respektive 3.6 kg per maskin och år.

Jämfört med tidigare rapporterade nivåer när det gäller såväl antal maskiner, bränsleförbrukning som emissioner, förekommer relativt stora skillnader (se tabell 15) speciellt för emissioner. Den aktuella bedömningen av total årlig bränsleförbrukning är drygt 5 % lägre än tidigare trots att studien inkluderar ca 25 % fler maskiner. För emissioner är skillnaderna mycket större, nivåerna av NO_x är halverade medan både CO och HC motsvarar ca 1/3 av de tidigare uppskattade nivåerna. Den största skillnaden återfinns dock för partiklar för vilka de uppskattade utsläppen har minskats med ca 75 %.

Tabell 15. Jämförelse med tidigare rapporterade data

	Enhet	SMED ^a	Aktuell bedömning	Andel av SMED %
Antal maskiner	st	230 000	290 000	126
Bränsle	ton/år	940 000	880 000	93
CO	ton/år	19 000	6 000	32
HC	ton/år	7 300	2 200	30
NO _x	ton/år	43 000	23 000	55
PM	ton/år	4 100	1 000	25

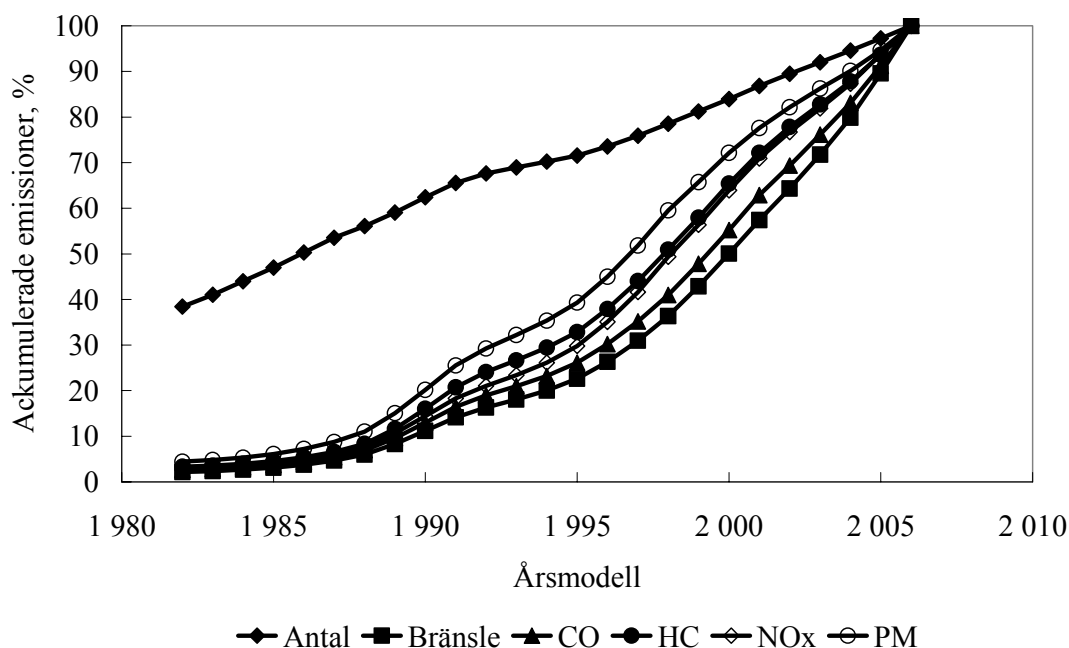
^a Flodström et al., 2004

Det finns tre avgörande skillnader mellan den aktuella bedömningen och den bedömning som genomfördes av Flodström et al. (2004) för emissionsåret 2002.

- Dataunderlag
- Beräkningsmetod
- Tidsperiod

Dataunderlaget som sammanställts inom detta projekt har i flera fall resulterat i betydligt säkrare uppskattningar jämfört med tidigare studier. Detta gäller framförallt antal maskiner och årlig drifttid och hur dessa varierar med ålder på maskinen. Dessutom har emissionsdata kompenserats för en rad olika faktorer såsom verklig användning av maskinerna och skillnader mellan uppmätta nivåer vid typprovning och motsvarande gränsvärden för typgodkännande. När det gäller beräkningsmetoden har båda studierna i grund och botten applicerat en ekvation enligt den avancerade metoden i CORINAIR. Dock har den aktuella studien hanterat varje i ekvationen ingående variabel som en matris vilket gör att hänsyn tas till åldersvariationer. Den tredje orsaken till de i tabell 15 uppvisade skillnaderna är att beräkningarna beskriver maskinparkens sammansättning och emissioner för olika år; 2002 respektive 2006. I den aktuella studien uppfyller betydligt fler maskiner gränsvärdena för både steg I och steg II.

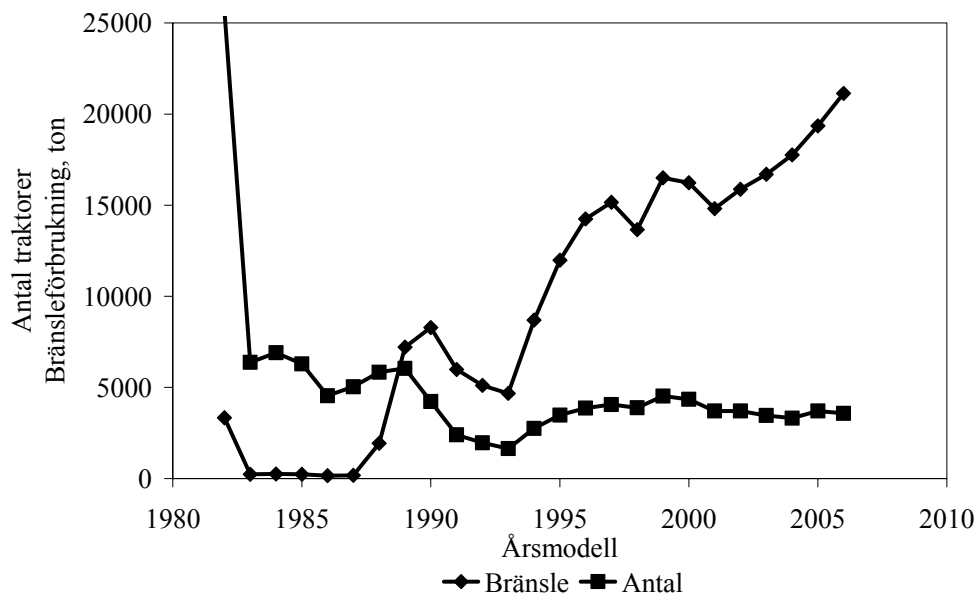
Det mesta av bränslet, mer än 50 %, förbrukas av maskiner som är 7 år eller yngre, d v s av nya maskiner (se figur 11). Samma trend gäller för emissioner av CO₂, CO, HC och NO_x. För emissioner av partiklar var bidraget från äldre maskiner något större men de nya maskinerna står fortfarande för det största bidraget. Dessutom visade resultaten att nästan 40 % av alla arbetsmaskiner i Sverige är mycket gamla; 24 år eller mer. Dessa maskiner bidrar endast mycket lite till de totala utsläppsnivåerna; mindre än 3 % i genomsnitt.



Figur 11. Ackumulerat antal maskiner, bränsleförbrukning och emissioner

För vissa specifika arbetsmaskiner, framförallt traktorer, skiljer sig trenden något från den i figur 11. Antals- och åldersfördelningen för traktorer uppvisar en kraftig höjning för

årsmodeller före 1994, vilket resulterar i en markerad topp i bränsleförbrukning för maskiner med årsmodell runt 1991, se figur 12.



Figur 12. Antals- och åldersfördelning samt årlig bränsleförbrukning för olika årsmodeller av traktorer

Antalet jord- och skogsbruksmaskiner samt bränsleförbrukning och CO₂-utsläpp för dessa uppdelat på olika effektkategorier redovisas i tabell 16. Motsvarande detaljerade data för entreprenadmaskiner redovisas i tabell 17. I bilaga E redovisas en schablonmässig uppdelning av arbetsmaskiners totala bränsleförbrukning och totala emissionsmängder på olika näringsgrenar.

Tabell 16. Antalet jord- och skogsbruksmaskiner samt bränsleförbrukning och CO₂-utsläpp 2006

Kategori	Effekt kW	Antal st	Bränsle förbr. 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
Skördetröska	37-75	29 000	5 800	18 000
	75-130	5 100	3 800	12 000
	130-560	1 300	4 800	15 000
Skotare	37-75	0	0	0
	75-130	2 100	38 000	121 000
	130-560	1 000	15 000	46 000
Skördare	37-75	0	0	0
	75-130	1 100	26 000	81 000
	130-560	1 400	48 000	150 000
Summa	37-560	240 000	380 000	1 200 000

Det största antalet maskiner återfinns inom gruppen traktorer, ca 68 %. Traktoreorna bidrar dock endast med 27 % av den totala bränsleförbrukningen inom sektorn arbetsmaskiner (se tabell 14 och 15). Hjullastare och truckar, vilka är de till antalet största grupperna av entreprenadmaskiner och motsvarar drygt 6 % av det totala antalet arbetsmaskiner, förbrukar nästan 27 % av all diesel inom sektorn. Som synes i tabell 17 är det främst hjullastarna som bidrar till denna stora andel (ca 18 % av den totala förbrukningen).

Mindre arbetsmaskiner som minigrävare och kompaktlastare motsvarar nästan 2,5 % av det totala antalet arbetsmaskiner i Sverige. Trots detta var bidraget till utsläppen av koldioxid relativt blygsamma, mindre än 1 % härrörde från dessa typer av maskiner. De typer av maskiner som relativt sett, per maskin, har störst påverkan på bränsleåtgången och utsläppen av koldioxid är stora maskiner med hög belastning och hög årlig drifttid. Framförallt gäller detta för mobilkranar, skogsmaskiner och stora hjullastare.

Tabell 17. Antalet entreprenadmaskiner samt bränsleförbrukning och CO₂-utsläpp 2006

Kategori	Effekt kW	Antal st	Bränsle förbr. 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

Årliga emissionsnivåer av kolmonoxid, kolväten, kväveoxider, partiklar och svaveldioxid från traktorer samt jord- och skogsbruksmaskiner redovisas i tabell 18 medan motsvarande data för entreprenadmaskiner redovisas i tabell 19. Data i tabell 18 och 19 har delats upp i olika effektkategorier, 37 - 75 kW, 75 - 130 kW och 130 - 560 kW för samtliga maskiner förutom bandgrävmaskiner. För bandgrävmaskiner har ytterligare en effektkategori inkluderats, mindre än 37 kW vilket motsvarar minigrävmaskiner.

Tabell 18. Årliga emissionsmängder från traktorer samt jord- och skogsbruksmaskiner 2006

Kategori	Effekt kW	CO ton/år	HC ton/år	NO _x ton/år	PM ton/år	SO _x ton/år
Jord- och skogsbrukstraktor	37-75	580	290	1 900	130	0,13
	75-130	470	170	1 800	80	0,13
	130-560	80	20	320	10	0,03
Samhällstraktor	37-75	120	60	390	30	0,03
	75-130	90	30	360	20	0,03
	130-560	20	6	90	0	0,01
Industritraktor	37-75	260	130	860	60	0,06
	75-130	130	50	480	20	0,04
	130-560	80	20	310	10	0,03
Skördetröska	37-75	40	30	170	20	0,01
	75-130	20	10	110	6	0,01
	130-560	20	7	90	3	0,01
Skotare	37-75	0	0	0	0	0,00
	75-130	230	70	840	30	0,08
	130-560	70	20	300	9	0,03
Skördare	37-75	0	0	0	0	0,00
	75-130	160	50	570	20	0,05
	130-560	240	60	1000	30	0,10
Summa	37-560	2 600	1 000	9 700	470	0,78

Det enskilt största bidraget till utsläpp av kväveoxider kommer från hjullastare tätt följt av jord- och skogsbrukstraktorer med 20 och 17 % av de totala utsläppen (se tabell 18 och 19). När det gällde utsläppen av partiklar var situationen den omvända. Jord- och skogsbrukstraktorer bidrog med drygt 20 % av de totala mängderna medan hjullastare bidrog med knappt 17 %. En orsak till den relativt höga andelen från jord- och skogsbrukstraktorer var åldersfördelningen. Inom sektorn traktorer finns en mycket stor mängd gamla maskiner. Nästan hälften av alla traktorer har en ålder av 24 år eller mer. För grävmaskiner, d v s grävlastare, bandgrävmaskiner och hjulgrävmaskiner, är motsvarande siffra endast ca 6 %. I och med att emissionsnivåerna påverkas relativt kraftigt av maskinens ålder, speciellt avseende partiklar, kommer maskinkategorier med en hög andel gamla maskiner att relativt sett bidra till en större andel av de totala utsläppen.

Skogssektorn, d v s skotare och skördare, stod för ca 12 % av de totala utsläppen av kväveoxider och 9 % av de totala utsläppen av partiklar från arbetsmaskiner i Sverige 2006. Detta är relativt höga nivåer med tanke på att skogsmaskiner motsvarar mindre än 2 % av det totala antalet maskiner i Sverige. Dock har skotare och skördare inom det industrialiserade skogsbruket mycket höga årliga drifttider, ca 2 500 timmar per år vilket är högst av samtliga inom projektet studerade maskinslag.

Tabell 19. Årliga emissionsmängder från entreprenadmaskiner 2006

Kategori	Effekt kW	CO ton/år	HC ton/år	NO _x ton/år	PM ton/år	SO _x ton/år
Hjullastare	37-75	110	50	410	20	0,03
	75-130	370	140	1 600	60	0,11
	130-560	530	150	2 600	80	0,18
Grävlastare	37-75	10	6	30	2	0,00
	75-130	260	100	860	40	0,06
	130-560	0	0	0	0	0,00
Bandgrävare	< 37	60	30	210	20	0,01
	37-75	50	20	190	10	0,01
	75-130	180	60	750	30	0,06
	130-560	200	50	930	30	0,08
Hjulgrävare	37-75	30	20	120	7	0,01
	75-130	390	140	1 800	70	0,13
	130-560	0	0	0	0	0,00
Kompaktlastare	37-75	10	7	30	0	0,00
	75-130	0	0	0	0	0,00
	130-560	0	0	0	0	0,00
Dumper	37-75	0	0	0	0	0,00
	75-130	5	2	20	1	0,00
	130-560	150	30	420	20	0,03
Mobilkran	37-75	0	0	0	0	0,00
	75-130	20	9	110	4	0,01
	130-560	140	40	660	20	0,05
Truck	37-75	290	120	870	50	0,07
	75-130	150	50	500	20	0,04
	130-560	100	30	380	10	0,03
Övriga	37-75	100	50	330	20	0,02
	75-130	100	40	400	20	0,03
	130-560	90	20	370	20	0,03
Summa	37-560	3 300	1 200	14 000	550	0,99

I figur 13 redovisas de relativa bidragen från olika maskiner till de totala nivåerna. För att minska mängden data i figur 13 representeras varje maskinslag oberoende av motoreffekt av en del, förutom traktorer, skördetröskor och skogsmaskiner som aggregerats ytterligare.

Agr. traktorer, tröskor

- Jord- och skogsbrukstraktorer
- Skördetröskor

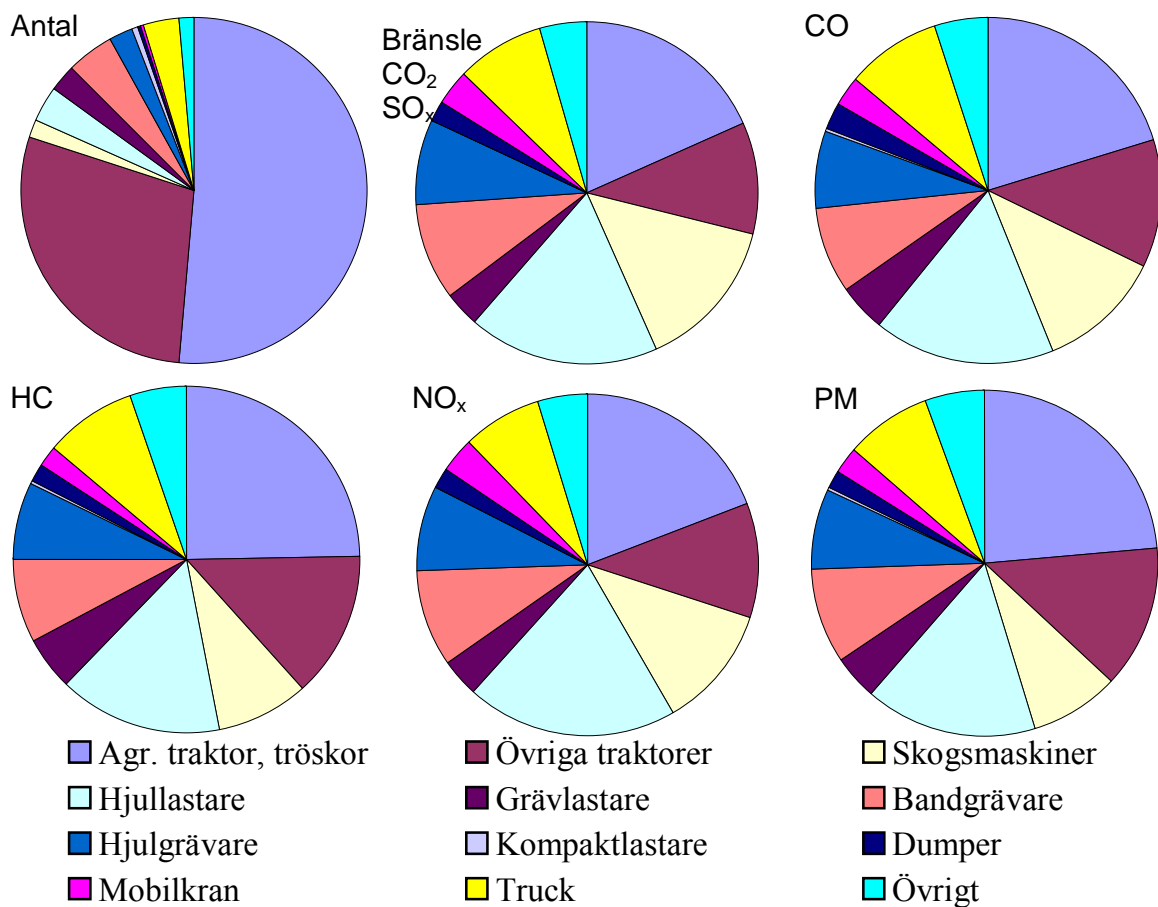
Övriga traktorer

- Samhällstraktorer
- Industritraktorer

Skogsmaskiner

- Skördare
- Skotare

Majoriteten av arbetsmaskinerna återfinns inom grupperna ”Agr. traktorer”, ”tröskor” samt ”övriga traktorer” som motsvarar ca 80 % av det totala antalet. Dock står dessa maskiner endast för ca 30 % av de totala emissionerna förutom för HC och PM där andelen uppgår till ca 40 %. Hjullastare står för en relativt sett stor del av de totala emissionerna trots att andelen maskiner är relativt liten. Ytterligare en betydande grupp av maskiner är grävmaskiner d v s grävlastare, hjulgrävmaskiner och bandgrävmaskiner inklusive minigrävmaskiner, vilka svarar för ca 20 % av de totala utsläppen.



Figur 13. Relativa bidrag från olika maskiner till de totala nivåerna av bränsleförbrukning, emissioner och antal

Kommentarer till resultaten

Som tidigare nämnts bedöms de källor som använts i denna studie överlag som mycket tillförlitliga vilket i kombination med den beräkningsmodell som använts får anses ge en så realistisk bild som möjligt av hur maskinparken är sammansatt, hur maskinerna faktiskt används i verkligheten samt hur det påverkar utsläpp och bränsleförbrukning. Men faktum kvarstår att det finns felkällor vid framtagandet av alla enskilda underlag som utsläppsberäkningarna baseras på. Detta innebär att osäkerheterna i de beräknade utsläppen vid en inventering som den här ändå får bedömas som relativt stora. Av de fem faktorer (antal

maskiner, årlig drifttid, motoreffekt, belastningsgrad och emissionsfaktorer) som ligger till grund för emissionsberäkningarna bedöms uppskattningen av belastningsgrad innehålla den största osäkerheten.

Inventeringsdata rörande både antal maskiner och drifttid som funktion av ålder bedöms vara mycket tillförlitliga, dock ökar osäkerheten troligtvis med ökad ålder på maskinen. Till exempel är det mycket troligt att vissa gamla maskiner endast används några få timmar per år hos en entreprenör medan andra använder motsvarande maskin betydligt mer frekvent. Detta kan leda till en relativt stor variation, speciellt i årlig drifttid för de äldsta maskinerna, d.v.s. maskiner äldre än 15 år. Dessutom är det rimligt att tro att användningsområdet för de äldre maskinerna skiljer sig något från det för nyare maskiner. Service och underhåll för dessa äldre maskiner, som totalt sett har använts många timmar under sin livslängd, varierar troligtvis också mellan olika maskiner och ägare vilket kan leda till att förslitning och därigenom både bränsleförbrukning och emissioner kan uppvisa större variationer.

Även om de data som använts bedöms som tillförlitliga är de i regel baserade mer på förhållandet för nya maskiner än för äldre maskiner. Dock har mycket av de data som använts t.ex. antal, årlig drifttid, bränsleförbrukning och emissionsfaktorer inhämtats även för äldre maskiner och bör återspegla verkligheten tämligen väl. Från resultaten kan man se att majoriteten av både den totala bränsleförbrukningen och utsläppen av avgaser kan härröras till maskiner som är 7 år eller yngre. För maskiner som är 15 år eller äldre är motsvarande bidrag endast ca 15 %. Även om indata och beräkningar för denna grupp av maskiner skulle vara mycket osäkra är bidraget till de totala utsläppsnivåerna litet. En fördubbling av de beräknade utsläppsnivåerna d.v.s. en ökning med 100 %, för maskiner äldre än 15 år skulle resultera i mindre än 15 % ökning av de totala utsläppen från samtliga arbetsmaskiner. En ökning av 100 % av de uppskattade utsläppen från äldre maskiner skulle i genomsnitt motsvara 15 % fel i samtliga ingående faktorer i den av CORINAIR (EEA, 2005) använda ekvationen. Dessutom krävs det att dessa fel samverkar vilket är högst osannolikt i realiteten.

FRAMTIDA UTVECKLING: PROGNOSE, ÅTGÄRDER OCH STYRMEDEL

I detta avsnitt behandlas en rad olika tekniska åtgärder och systemåtgärder som kan vidtas för att reducera emissionerna från arbetsmaskiner, samt förslag på hur styrmedel kan utformas.

Det kan t ex avse:

- Alternativa drivmedel
- Miljözoner
- Motorutveckling
- Efterbehandlingsutrustning
- Nya lagkrav
- Ökad utbytestakt av maskiner (aktiv utskrotning av maskiner)
- Sparsam körning

Många av de tänkbara åtgärderna beskrivs endast översiktligt och förslag ges för hur eventuella styrmedel kan utformas. Vissa åtgärder beskrivs dock mer detaljerat, se rubriker nedan. Vidare redovisas översiktliga utsläppsprognoser från arbetsmaskiner för år 2010 och 2020.

Emissionskrav

Sedan 1999 har det inom EU funnits gemensamma utsläppskrav för ”dieseldrivna mobila maskiner som inte är avsedda att användas på väg” (EU, 1997 och 2004). Dessförinnan omfattades arbetsmaskiner inte av några lagkrav vad det gäller emissioner. De reglerade emissionerna är, liksom på fordonssidan, kolmonoxid (CO), kolväten (HC), kväveoxider (NO_x) samt partiklar (PM). Sedan 2001 gäller samma krav även för jord- och skogsbrukstraktorer (EU, 2000 och 2005). I tabell 20 redovisas en sammanställning över utsläppskraven. De motorer som nyproduceras idag måste klara steg II (steg IIIA för de största motorerna) och kraven kommer att skärpas successivt fram till och med år 2014 i och med att steg III och steg IV införs.

Tabell 20. Utsläppskrav inom EU för dieseldrivna arbetsmaskiner och jord- och skogsbrukstraktorer

Motoreffekt kW	Från och med	CO	HC	NO _x	PM
		g/kWh			
Steg I					
37 ≤ P < 75	1999.04/2001.07 ^a	6,5	1,3	9,2	0,85
75 ≤ P < 130	1999.01/2001.07 ^a	5,0	1,3	9,2	0,70
130 ≤ P < 560	1999.01/2001.07 ^a	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

^aGäller traktorer.

^bNO_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.

För mätning av utsläppen används en ”steady state” körcykel med 8-mätpunkter (ISO 8178). Undantaget är partikelmätningar i steg IIIB och IV där en transient körcykel ska användas.

När det gäller arbetsmaskiner i USA började de första utsläppskraven för “non-road” dieselmotorer att gälla 1996 och har sedan utökats med successivt strängare utsläppskrav (USEPA, 1998 och 2004c). USAs emissionskrav finns presenterade i tabell 21 och tabell 22. I de flesta fall gäller dessa även i Kalifornien (California Air Resources Board, CARB, har traditionellt sett haft en strängare emissionslagstiftning än EPA). Infasningen av Tier 1-3 sträcker sig fram till 2008. Tier 4 kommer att fasas in under 2008 - 2015 och innebär framför allt en kraftig reduktion av NO_x (för motorer över 56 kW) och partiklar (över 19 kW). Till skillnad från EUs lagstiftning omfattar USAs regler även dieselmotorer med motoreffekt mindre än 19 kW och större än 560 kW.

Vidare måste alla motorer dessutom klara ett test av röktätheten i avgaserna med avseende på opacitet vid tre olika körbetingelser. Detta krav gäller dock inte Tier 4- certifierade motorer med krav på partikelutsläpp $\leq 0,07$ g/kWh (dessa skulle ändå utan undantag klara röktäthetstesten).

Reglerna omfattar även flera bestämmelser som ger flexibilitet för tillverkare när det gäller att klara kraven. Exempel är olika typer av medelvärdesberäkning av utsläpp, handel med utsläppsrätter och maximala utsläppsnivåer för ”motorfamiljer”.

För mätning av utsläppen används en ”steady state” körcykel med 8-mätpunkter i enlighet med körcykeln som används inom EU och är specificerad i ISO 8178. Dessutom kommer för Tier 4 en transient testcykel att användas (samma som inom EU). Kravet att använda denna testcykel börjar gälla 2011 för motorer mellan 130 - 560 kW, 2012 för 56 - 130 kW och 2013 för motorer <56 kW. Motorer över 560 kW testas inte enligt den transienta testcykeln.

Till skillnad från EUs regelverk, där den transienta körcykeln kommer att vara ett krav endast när det gäller partikelutsläpp, måste Tier 4 motorer uppfylla kraven för NO_x, PM, CO och HC i båda cyklerna. Det betyder att risken finns kvar under en ganska lång övergångstid för så kallad ”cycle beating” inom EU, vilket innebär att motorer optimeras för att uppvisa låga utsläpp vid en specifik körcykel medan utsläppen under verkliga körbetingelser kan vara mycket högre. För motortillverkare som är aktiva både på den europeiska och på den amerikanska marknaden innebär detta att de kan tvingas utveckla olika motorvarianter för de olika marknaderna.

Tabell 21. USA:s (EPA) utsläppskrav för "non-road" diesel motorer.

Motoreffekt kW	Från och med	CO	HC	NO _x	PM
g/kWh					
<u>Tier 1</u>					
P < 8	2000	8,0	10,5 ^a		1,0
8 ≤ P < 19	2000	6,6	9,5 ^a		0,8
19 ≤ P < 37	1999	5,5	9,5 ^a		0,8
37 ≤ P < 75	1998	-	-	9,2	-
75 ≤ P < 130	1997	-	-	9,2	-
130 ≤ P < 225	1996	11,4	1,3	9,2	0,54
225 ≤ P < 450	1996	11,4	1,3	9,2	0,54
450 ≤ P < 560	1996	11,4	1,3	9,2	0,54
P ≥ 560	2000	11,4	1,3	9,2	0,54
<u>Tier 2</u>					
P < 8	2005	8,0	7,5 ^a		0,8
8 ≤ P < 19	2005	6,6	7,5 ^a		0,8
19 ≤ P < 37	2004	5,5	7,5 ^a		0,6
37 ≤ P < 75	2004	5,0	7,5 ^a		0,4
75 ≤ P < 130	2003	5,0	6,6 ^a		0,3
130 ≤ P < 225	2003	3,5	6,6 ^a		0,2
225 ≤ P < 450	2001	3,5	6,4 ^a		0,2
450 ≤ P < 560	2002	3,5	6,4 ^a		0,2
P ≥ 560	2006	3,5	6,4 ^a		0,2
<u>Tier 3</u>					
37 ≤ P < 75	2008	5,0	4,7 ^a		c
75 ≤ P < 130	2007	5,0	4,0 ^a		c
130 ≤ P < 225	2006	3,5	4,0 ^a		c
225 ≤ P < 450	2006	3,5	4,0 ^a		c
450 ≤ P < 560	2006	3,5	4,0 ^a		c
<u>Tier 4</u>					
P < 8	2008	8,0	7,5 ^a		0,4 ^d
8 ≤ P < 19	2008	6,6	7,5 ^a		0,4
19 ≤ P < 37	2008	5,5	7,5 ^a		0,3
	2013	5,5	4,7 ^a		0,03
37 ≤ P < 56	2008	5,0	4,7 ^a		0,3 ^e
	2013	5,0	4,7 ^a		0,03
56 ≤ P < 130	2012-2014 ^f	5,0	0,19 ^b	0,40	0,02
130 ≤ P < 560	2011-2014 ^g	3,5	0,19 ^b	0,40	0,02

^aNMHC+NO_x

^bNMHC

^cInte antagen ännu. Tier 2 gäller.

^dHand-startade, luftkylda motorer med direktinsprutning får certifieras enligt Tier 2 tom 2009 och enligt PM-standarderna 0.6 g/kWh med början 2010.

^e0.4 g/kWh (Tier 2) om tillverkaren uppfyller 0.03 g/kWh from 2012.

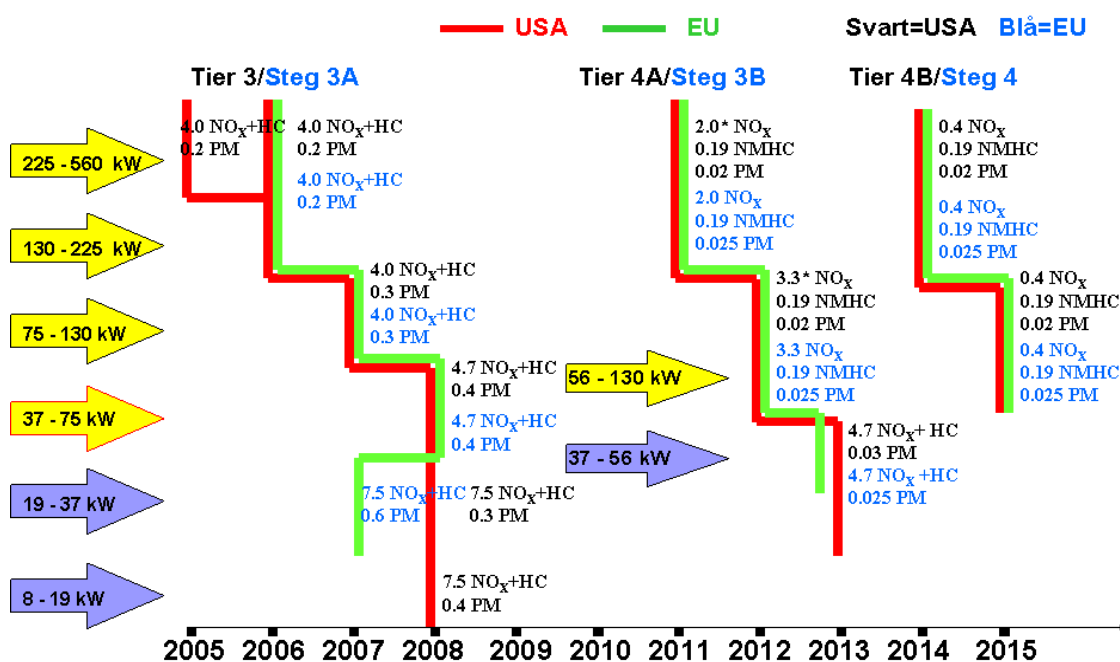
^fPM/CO: alla motorer skall uppfylla kraven from 2012; NO_x/HC: Valmöjlighet 1—50 % av motorerna måste uppfylla kraven 2012-2013; Valmöjlighet 2—25 % av motorerna måste uppfylla kraven 2012-2014, och alla motorer uppfylla kraven from 2014-12-31.

^gPM/CO: alla motorer skall uppfylla kraven from 2011; NO_x/HC: 50 % av motorerna måste uppfylla kraven 2011-2013.

Tabell 22. USA:s Tier 4 utsläppskrav för "non-road" dieselmotorer över 560 kW

Från och med	Kategori	CO	NMHC	NO	PM
		[g/kWh]			
2011-2014	Generator anläggningar > 900 kW	3,5	0,40	0,67	0,10
	Alla övriga motorer	3,5	0,40	3,5	0,10
2015	Generator anläggningar	3,5	0,19	0,67	0,03
	Alla övriga motorer	3,5	0,19	3,5	0,04

Av figur 14 framgår hur Tier 3 - 4 i USA och EU:s Steg III-IV är harmoniserade.

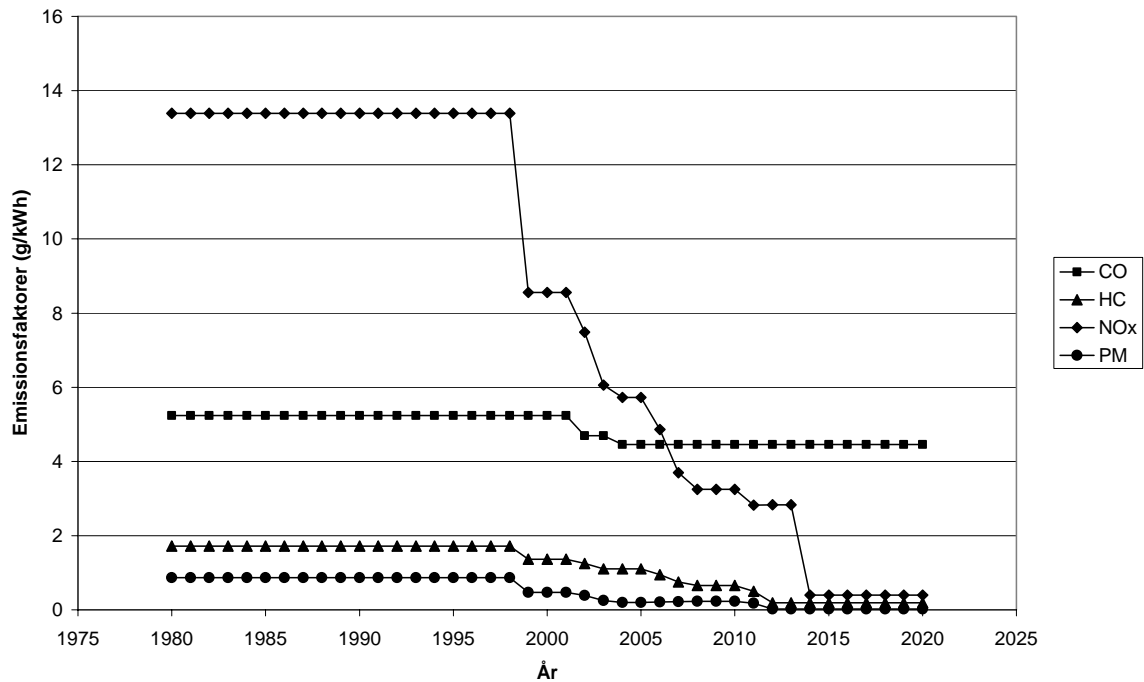


Figur 14. En jämförelse mellan EU och USA när det gäller införandet av utsläppskraven i Tier 3 - 4 respektive Steg III - IV för partiklar (PM) och kväveoxider (NOx). (Bengt Johansson, Volvo Construction Equipment)

Andra länder som har lagstadgade utsläppskrav för arbetsmaskiner är Kanada, Japan och Sydkorea. Kraven i Kanada och Sydkorea följer USAs (EPA) krav medan kraven i Japan inte är harmoniserade med USA och/eller EU men ligger på liknade nivåer.

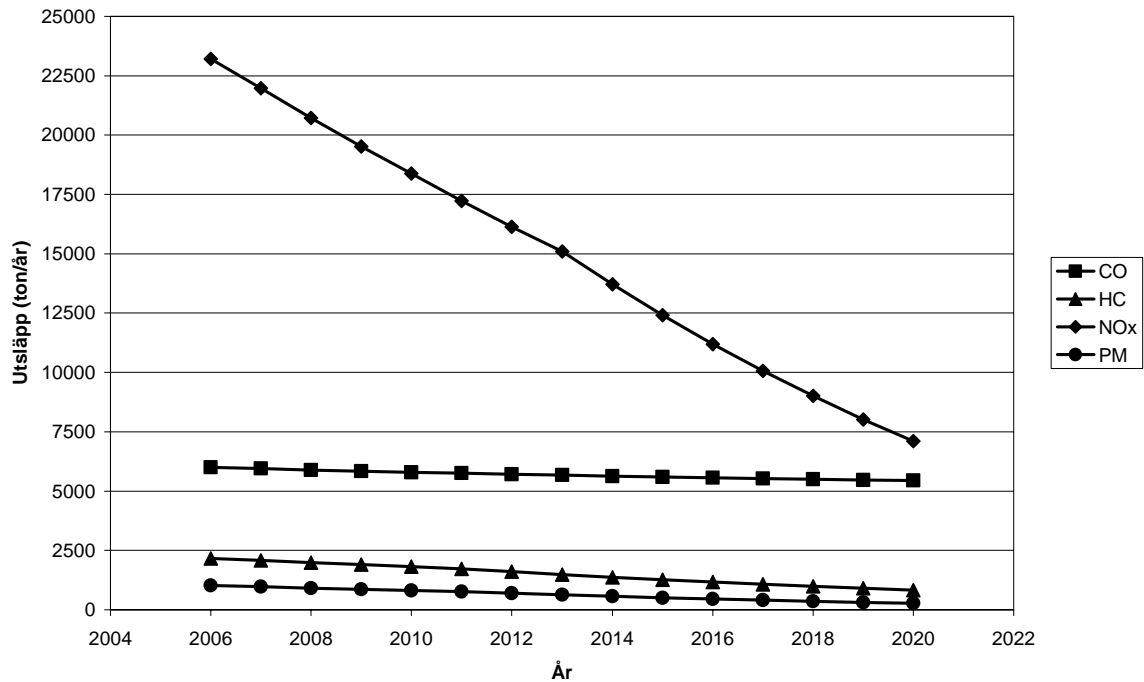
Utsläppsprognoser för 2010 och 2020

En översiktlig prognos för utsläppen fram till 2020 har beräknats. Den beskriver utvecklingen med det successiva införandet av redan beslutade EU-lagkrav (BAU – "Business as usual") samt effekten av en ökad utbytestakt av maskinerna. Förutsättningen för BAU-scenariot är att ingen tillväxt sker. Antal fordon, utnyttjandegraden och bränsleförbrukningen antas vara densamma som under 2006. Effekten av en ökad utbytestakt har beräknats för år 2010 och 2020 utifrån antagandet att samtliga maskiner som är äldre än 15 år alternativt äldre än 10 år har skrotats. I figur 15 visas de emissionsfaktorer som ligger till grund för beräkningarna. Stora förändringar av emissionsfaktorerna har skett och kommer att ske genom redan införda och kommande lagkrav. De emissionsfaktorer som visas är viktade medelvärden för de tre effektklasserna utifrån fördelningen av antalet maskiner.



Figur 15. Genomsnittliga emissionsfaktorer för arbetsmaskiner, sammanviktade för de tre effektklasserna utifrån fördelningen av antalet maskiner

I figur 16 visas utsläppsprognoserna enligt BAU-scenariot och i tabell 23 redovisas utsläppssiffrorna för år 2010 och 2020 i ton både för BAU-scenariot och scenarierna med ökad utbytestakt. Tabell 24 redogör för den procentuella utsläppsminskningen som dessa scenarier medför.



Figur 16. Utsläppsprognos fram till år 2020 (BAU) med antagandet att antal fordon, utnyttjandegraden och bränsleförbrukningen är desamma som för 2006

BAU-scenariot innebär en kraftig reduktion av NO_x och PM år 2020 med omkring 70 % jämfört med idag. Motsvarande reduktion för NO_x och PM år 2010 är 21 %. En ytterligare reduktion av dessa utsläpp med mellan 13-18 % räknat på totalutsläppen år 2006 skulle kunna åstadkommas om alla maskiner äldre än 15 år skrotades. Effekten av att skrota alla maskiner äldre än 10 år är större, det skulle innebära en ytterligare minskning av NO_x och PM med 30 % respektive 37 % för år 2010 och 21 % för år 2020 (räknat på totalutsläppen år 2006). Dock får det väl betraktas som ganska osannolikt att någon utskrotning av endast 10 år gamla maskiner skulle kunna åstadkommas.

Eftersom en av förutsättningarna för BAU-scenariot är att bränsleförbrukningen är densamma som för år 2006 är också utsläppen av CO₂ oförändrade. Sen hösten 2006 kan den Mk1 diesel som säljs i Sverige innehålla 5 % fettsyrametylestrar (FAME). En inblandning av 5 % FAME i all diesel skulle kunna innebära en reduktion av CO₂ med som mest 140 kton/år 2010 (100 % ersättning med ”grön” CO₂) jämfört med om enbart diesel används. NO_x-utsläppet år 2010 bedöms förbli oförändrat vid 5 % FAME inblandning jämfört med enbart dieselanvändning medan utsläppen av PM, CO och HC bedöms minska med 24 ton/år, 170 ton/år respektive 110 ton/år (under förutsättningarna att 5 % inblandning av FAME innebär en förändring av utsläppen jämfört med diesel med 0 %, -3 %, -3 % och -6 % för NO_x, PM, CO respektive HC)

Tabell 23. Utsläpp från arbetsmaskiner för år 2006 samt för BAU och för ökad utbytestakt år 2010 och 2020

	Enhet	BAU			Maskinålder<15år		Maskinålder<10år	
		2006	2010	2020	2010	2020	2010	2020
CO	ton/år	6 000	5 800	5 400	5 700	5 300	5 500	5 300
HC	ton/år	2 200	1 800	830	1 600	510	1 400	320
NO _x	ton/år	23 000	18 000	7 100	15 000	3 800	11 000	2 300
PM	ton/år	1 000	820	280	630	150	430	60
CO ₂	kton/år	2 800	2 800	2 800	2 800	2 800	2 800	2 800

Tabell 24. Procentuell minskning av utsläppen från arbetsmaskiner år 2010 och 2020 med BAU och med ökad utbytestakt i förhållande till år 2006.

	Enhet	BAU		Maskinålder<15år		Maskinålder<10år	
		2010	2020	2010	2020	2010	2020
CO	%	3	9	6	11	9	11
HC	%	16	62	25	76	37	85
NO _x	%	21	69	35	83	51	90
PM	%	21	73	39	86	58	94
CO ₂	%	0	0	0	0	0	0

I bilaga E redovisas samma prognosdata som i tabell 23 men schablonmässigt uppdelad på olika näringsgrenar.

Nationella krav- och bonussystem

Vägverket, Banverket och Storstadskommunerna (Göteborg, Stockholm och Malmö) har sedan flera år var för sig ställt miljökrav vid upphandling av entreprenadmaskiner. Nyligen har Vägverket och Storstadskommunerna utformat ett dokument som sammanställer deras respektive miljökrav (Vägverket, 2006), vilket underlättar för alla parter och har varit ett önskemål från entreprenadbranschen. Även Banverket ser över sina miljökrav vid upphandling och har som ambition att i någon form ansluta sig till de gemensamma kraven.

Storstadskommunerna och Vägverket har endast enats kring gemensamma grundkrav. Utöver dessa finns det särskilda stadskrav som gäller vid städernas upphandlingar och ett system med bonus och prisavdrag som används vid Vägverkets upphandlingar.

Nedan följer en sammanfattning av vilka gemensamma miljökrav som gäller för dieseldrivna arbetsmaskiner:

Grundkraven för dieseldrivna arbetsmaskiner:

- En miljöplan skall upprättas för varje uppdrag
- Anvisningar om vilka kemiska produkter som skall användas; t.ex. ska diesel enligt svensk standard av miljöklass 1 eller bättre användas, miljömärkta oljor skall väljas och däck ska vara HA-oljefria om det finns att tillgå
- Uppdragstagaren ansvarar för att de som arbetar med uppdraget har tillräcklig kompetens t ex vad gäller miljö och energibesparing. Alla som arbetar inom entreprenaden/uppdraget ska ha genomgått en miljöutbildning. Fr o m 2007 ska 50 % (fr o m 2008 100 %) av alla fordons- och maskinförare ha genomgått utbildning i sparsam körning

Särskilda stadskrav för dieseldrivna arbetsmaskiner:

- Maskinens ålder får inte överstiga 8 år
- Maskiner med motoreffekt 19 - 37 kW skall vara certifierad enligt EU steg 2
- Maskiner med motor över 37 kilowatt skall uppfylla avgaskrav enligt EU/USA steg 1 eller renare
- Minst 2 % av drivmedlet skall vara förnybart
- Arbetsmaskiner kan uppgraderas till nyare EU-steg genom motorbyte. Maskinen bedöms då efter den nya motorns tillverkningsår. Motorn måste uppfylla kraven för nya motorer vid bytestillfället
- Genom att förse en maskin med avgasreningsutrustning (partikelfilter, katalysator, och eller kvävereningsutrustning) får maskinen förlängd användningstid med upp till 8 år. Avgasreningsutrustningen ska minska utsläppen av kolväten (HC), kolmonoxid (CO) och partiklar (PM) med minst 80 % vardera och utsläppen av kväveoxider (NO_x) med minst 35 % (6 års förlängning) eller minst 75 % (8 års förlängning)

Det system med bonus och prisavdrag som används vid Vägverkets upphandlingar består av en grundersättningsmodell och en ersättningsmodell som används i områden där miljö kvalitetsnormen (MKN) för kväveoxider eller partiklar riskerar att överskridas

- Enligt grundmodellen är priset oförändrat vid användning av EU-avgasklassade maskiner medan oklassade maskiner får ett prisavdrag på mellan 5 och 20 kr/h
- Enligt MKN-modellen förändras inte priset för användning av maskiner som är EU-klassade enligt steg I-III utan partikelfilter. Oklassade maskiner får prisavdrag på mellan 30 och 120 kr per timme. Steg II- och steg IIIA-maskiner med partikelfilter samt steg IIIB- och steg IV-maskiner får en bonus på mellan 15 och 50 kronor per timme

Teknikutveckling och efterbehandling

Dieselmotorn har under de sista tjugo åren genomgått mycket stora förändringar. Kraven på avgasrening i kombination med krav på långa serviceintervall och hög verkningsgrad har drivit fram en betydande teknikförändring. Marknaden står inför en lika stor teknikförändring under de närmaste tio åren då ytterligare avancerad reningsteknik får sitt inträde i och med ytterligare skärpt lagstiftning rörande avgasemissioner. Driftsäkerhet, serviceintervall samt krav på avgasreningsutrustningens funktion över tiden är frågor som kommer att bli mycket viktiga.

Rening av kväveoxider och kvävedioxider

Målsättningen att minska halterna av kväveoxider (NO_x) i dieslavgaserna är högt prioriterat. Ett av problemen har varit att det finns ett motsatsförhållande mellan hög verkningsgrad och låga NO_x -emissioner. Detta har framförallt haft betydelse för de inledande stegen av avgasrening. Med teknik som är tillgänglig på marknaden idag kan man generellt säga att minskning av NO_x betyder ökad bränsleförbrukning med några procentenheter eller ökad förbrukning av additiv i motsvarande grad.

Motorstyrning

Det som påverkar bildandet av NO_x -emissioner är framförallt motorns förbränningstemperatur och luftöverskottet. Kan man via motorstyrning hålla dessa faktorer låga bildas mindre mängd NO_x . Att kyla inkommande luft i en laddluftkylare motverkar också bildandet av NO_x .

NO_x -fällor

Så kallade NO_x -fällor arbetar med att fånga NO_x och syre med hjälp av kolväten (HC) och kolmonoxid (CO) som alstras under perioder av motorbelastningar där bränsleblandningen är ”fetare”. Det överskott av HC och CO som bildas, ”lagras” för att senare nyttjas för reduktion av NO_x och syre.

Denna teknik förväntas kunna minska utsläppen av NO_x med mer än 80 %. Det är dock en teknik som fortfarande är under utveckling och kommer troligen på marknaden först ca 2010 (Krishnan och Tarabulski, 2005).

Ammoniakinsprutning

Insprutning av ammoniak i ett avgasflöde för att reducera NO_x till kväve och vatten, är en känd teknik inom förbränningsindustrin. Tekniken har dock varit svår att överföra till fordonsteknik på grund av att dieselmotorn ofta tvingas arbeta med snabbt varierande varvtal och last, så kallad transient belastning. Den transienta belastningen innebär att mängden reduktionsmedel som skall sprutas in i avgasflödet måste regleras av avancerad teknik. I dag finns sådan teknik på marknaden och den går under benämningen SCR-teknik (Selective Catalytic Reduction). För tunga fordon har många tillverkare valt att införa SCR teknik i samband med att lagkravet Euro 4 trädde i kraft 2005, alternativt inför Euro 5-kravet 2008. Off-road maskiner skall möta motsvarande krav 2014. Som reduktionsmedel används framförallt en 30 % urealösning som marknadsförs under beteckningen AdBlue. En logistikkedja för sådan AdBlue måste uppföras över landet för att till exempel en lastbil med SCR teknik ska kunna verka över hela landet. AdBlue säljs idag för 7,50 kr litern inklusive moms (Statoil). I ett SCR-system ingår även en särskild typ av SCR-katalysator där reduktionsmedlet får arbeta. Tekniken anses kunna minska NO_x -utsläppen med 70 - 90 % (Krishnan och Tarabulski, 2005). Ett problem med denna typ av teknik är fryskänsligheten. AdBlue har en fryspunkt på $-11\text{ }^\circ\text{C}$. Detta innebär att komponenter måste isoleras och värmas. SCR-tekniken anses även ha en viss betydelse för att nå låga partikelutsläpp (20 - 30 %) (Krishnan och Tarabulski, 2005). Många SCR-system installeras i kombination med oxidationskatalysator och partikelfilter vilket ytterligare sänker partikelnivåerna. Förbrukningen av AdBlue urea-lösning varierar mellan 2 och 4 % av förbrukad mängd diesel. Variationen beror på motorns grundkonfiguration,

och hur mycket NO_x motorn släpper i råavgaserna. Ett annat mått som beskriver förbrukningen är att det åtgår 2 gram AdBlue för att ta bort 1 gram NO_x ur avgaserna. (Dahlqvist, 2006)

EGR-system

EGR-tekniken (Exhaust Gas Recirculation) är en metod för att sänka NO_x-emissionerna i avgaserna genom att minska syreöverskottet och temperaturen på inkommande luft i motorns inlopp. EGR-tekniken låter en del förbrända avgaser återcirkulera genom motorn för att på så vis sänka det så kallade lambda-talet (förhållandet mellan insprutad mängd bränsle och tillgängligt syre). Det förekommer två olika byggnadsprinciper för EGR-system, man talar om long-route och short-route (Toptec, 2000). Skillnaderna mellan systemen är att short-route systemet arbetar med högre tryck och tar ut, respektive tillför gaserna före avgasturbinen och efter luftturbinen. Bägge systemen innehåller en separat avgaskylare som oftast är vattenkyld. EGR-systemen innefattar relativt komplex teknik med stort inslag av rördragning och ventiler. Systemen utsätts för hög påfrestning av temperatur och gasflöden. Andelen NO_x beräknas kunna reduceras med 50-60 % (Krishnan and Tarabulski, 2005). EGR-systemen kombineras ofta med katalysatorer och partikelfilter. Tekniken finns i dag kommersiellt tillgänglig och introducerades i och med Euro 4 för vägfordon och steg 3A för arbetsmaskiner. EGR-tekniken kan ses som ett alternativ till SCR-tekniken.

Rening av partiklar

Rening av partiklar från dieselmotorns avgaser har varit och är en mycket viktig del av utvecklingen mot miljövänligare motorer. Belastningen av partiklar i framförallt stadsmiljö är ett påtagligt problem. Bränslet som används i dieselmotorerna påverkar i stor utsträckning hur avgasernas partikelutsläpp ser ut. Sverige har haft en särställning sedan början av nittiotalet då det näst intill svavelfria dieselbränslet MK-1 introducerades och användes även inom arbetsmaskinsektorn. Svavelfritt bränsle är oftast en förutsättning för att få låga partikelhalter i avgaserna men även en förutsättning för att kunna använda ny teknik för avgasefterbehandling.

Motorstyrning

Fram till och med Euro 3 (och i vissa fall Euro 4) för vägfordon och steg 3 för arbetsmaskiner kan det räcka med enbart motorstyrning utan avgasefterbehandling för att klara emissionskraven. Den motorteknik som kommer ifråga är förfinad insprutningsteknik med insprutning i flera steg under mycket höga tryck; datorstyrd "common rail" teknik, som ger möjlighet att mer exakt kunna styra insprutningen. Turboaggregat och laddluftkylare är en förutsättning för att förbättra luftfyllnaden och syresättningen i cylindrarna. Fyrventilsteknik är ett annat sätt att förbättra luftfyllnadsgraden. Utformningen av själva förbränningsrummen i cylindrarna är en annan viktig del parameter som utvecklats mycket för att klara avgaskraven.

Partikelfilter

Partikelfilter var från början ett tillbehör till maskiner som arbetade i särskilt känslig miljö. Det var inledningsvis en del problem med dessa filter eftersom de kan sättas igen om motorn går på för låg belastning och inte utvecklar tillräcklig värme för att bränna ren insatsen. Det har funnits flera olika metoder att "bränna av filtren", bland annat genom så kallad nattavbränning med nätanslutet el-aggregat. Kvaliteten på partikelfiltren har blivit bättre samtidigt som metoderna för att hålla dem i kondition har utvecklats. I dagsläget finns flera väl fungerande systemlösningar för att säkerställa god funktion hos filtren. En vanlig metod är att nyttja kvävedioxid (NO₂) som bildas via hög temperatur i en oxidationskatalysator och får brinna med sotpartiklarna (Toptec, 2000). På detta vis sänks den förbränningstemperatur som sotet kräver. Sådana system har oftast en sammanbyggd oxidationskatalysator med partikelfiltret, så kallade CRT-system (Continuously Regenerating Trap). En annan metod för att sänka sotets förbränning är att tillsätta ett additiv till bränslet i form av någon metall (t ex Cerium). Den metalloxid som då bildas brinner med sot vid en betydligt lägre temperatur.

Dessa system kombineras oftast med avancerad motorstyrning som momentant skapar en högre avgastemperatur. Dessa förändringar i insprutningen sker vid antingen ett ökat mottryck i avgassystemet eller vid angiven körtid. Temperaturförändringarna sker utan att föraren märker någonting och är ganska kortvariga.

Att eftermontera partikelfilter på äldre motorer ger ofta mycket god effekt eftersom just dessa äldre motorer har höga grundnivåer av partikelemissioner. Det krävs dock noggrann analys av motorns arbetssätt med avseende på körmonster och avgastemperaturer för att filtren ska kunna dimensioneras och installeras på ett sätt som ger bra funktion. Dessa eftermonteringar kräver ofta att filtret har egen teknik för avbränning och temperaturhöjning då det är svårt att nyttja motorstyrning på en äldre motor med mekanisk insprutningspump. Detta ordnas ofta istället med hjälp av separat bränsleinsprutning strax före filtret. Det finns idag även filter som via speciell katalytisk beläggning helt eller delvis minskar behovet av styrda temperaturstegringar (Dahlqvist. 2006).

Rening av kolmonoxid och kolväten

Halterna av kolmonoxid och kolväten från dieselmotorer har hittills inte vållat några större problem när det gäller att hålla emissionerna under angivna gränsvärden. Det är många gånger så att de faktiska uppmätta värdena rejält understiger kravgränserna. De relativt tuffa nivåerna som är skrivna för NO_x och partiklar medför att man ofta får ner nivåerna av CO och HC på köpet. Ett rent bränsle och en motor i gott skick är viktiga faktorer för att hålla dessa emissioner på en låg nivå.

Oxidationskatalysator

En enstegs oxidationskatalysator fungerar mycket bra för att reducera CO och HC. En viss uppvärmningstid krävs för att katalysatorn skall fungera fullständigt. Oxidationskatalysatorn har ingen effekt på NO_x men anses kunna reducera partikelutsläppen till viss del. I oxidationskatalysatorn omvandlas kolväten och kolmonoxid tillsammans med syre till vatten och koldioxid.

Utvecklingen på längre sikt

Utvecklingen på längre sikt kommer att styras i stor grad av vilka bränslen som kommer att få genomslag. Det finns stora förhoppningar om att DME ”Dimetyleter” skall bli ett viktigt bränsle för motorer med kompressionständning (dieselmotorer) inom inte alltför många år. Fördelen med detta bränsle är att det ger mycket små mängder partikelemissioner vilket betyder att motorerna förenklas betydligt då en viss del av avgasreningstekniken inte behövs (Ny Teknik 2005).

När det gäller traditionella flytande bränslen för dieselmotorer arbetas det förhoppningsfullt med motorer för HCCI-teknik (Homogeneous Charge Compression Ignition). Dessa motorer förväntas ge lägre NO_x-utsläpp än traditionella dieselmotorer och dessutom dra mindre bränsle (Lunds Universitet, Avdelningen för Förbränningsmotorer).

Eftermontering av avgasreningssystem

Eftermontering av avgasreningssystem har blivit allt vanligare på grund av lokala upphandlingskrav eller ett företags miljöpolicy. Vanligast är att montera oxidationskatalysator och partikelfilter eller en kombinerad enhet för detta. Ett sådant system kostar mellan 50 000 och 80 000 kr inklusive montering. Prisskillnaden beror framförallt på motorstorlek.

För reduktion av NO_x finns SCR-system för eftermontering. De kan monteras fristående från övriga motorn eftersom systemen har egen styr- och reglerteknik för dosering av urealösning. Ett system kostar inklusive montering c:a 130 000 kr (Dahlqvist 2006)

Tabell 25. Alternativ för eftermontering av avgasreningssystem på dieselfordon i syfte att minska partikel och NO_x-emissioner

Metod	minskning av PM ¹	minskning av NO _x	Kostnad ²
Oxidationskatalysator	30%	ej	~23 000 kr
Partikelfilter/katalysator	80-90 %	ej	50-80 000 kr
SCR-system	20-30 %	70-90 %	~130 000 kr

¹Krishnan och Tarabulski (2005),

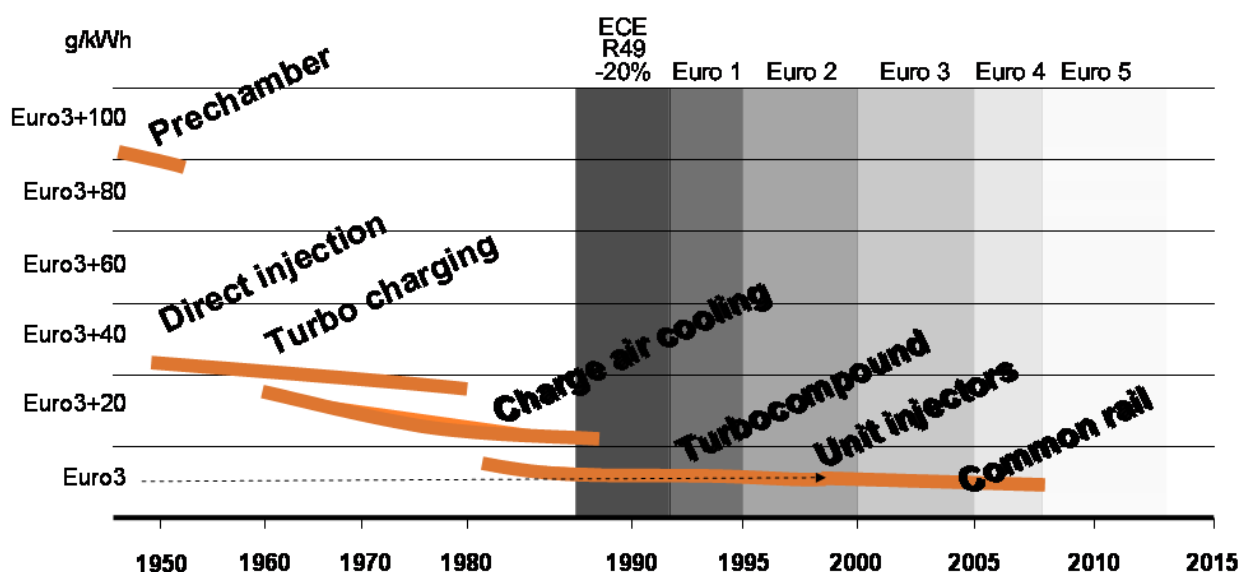
²Kostnad inkluderar montering. Variation i pris förekommer och beror framförallt på motorstorlek. (Dahlqvist, 2006; Fahlström, 2007)

Krishnan och Tarabulski har gjort beräkningar för amerikanska marknaden över kostnaden att ta bort NO_x ur avgaserna på olika lastbilar. De visar att det är mest kostnadseffektivt att utföra eftermonteringar på äldre motorer. Det blir dyrare installationer på äldre motorer men man lyfter bort mer NO_x per investerat kapital. För en lastbil av årsmodell 1988 kostar det 1 411\$ /ton reducerad NO_x mot 2600 \$ /ton NO_x för en lastbil av årsmodell 2003.

Energieffektivitet

Energieffektiviteten för dieselmotorer, uttryckt som specifik bränsleförbrukning (g/kWh), förbättrades successivt från 1950-talet och fram till ca 1990 genom införandet av ny motorteknik. Detta illustreras i figur 17 som samtidigt visar att energieffektiviteten sedan början av 1990-talet inte har förbättrats ytterligare fram till 2006, något som sannolikt kan hänföras till att fokus sedan början av 1990-talet istället har legat på att utveckla teknik för att reducera emissionerna för att möta de successivt skärpta avgaskraven.

Det är ingen djärv gissning att det för arbetsmaskiner kommer att förhålla sig på samma sätt, dvs att energieffektiviteten inte kommer att förbättras nämnvärt före år 2014 då det sista av de hittills beslutade stegen i avgasdirektivet träder i kraft. Endast mycket starka marknadskrav på förbättrad energieffektivitet kan tänkas ändra detta förhållande.



Figur 17. Schematisk beskrivning av förändringen i specifik bränsleförbrukning för dieselmotorer från 1950 och framåt (Dahlén, 2005).

Alternativa drivmedel

Med alternativa drivmedel menas alla drivmedel som kan ersätta diesel och bensin. Dessa kan antingen vara biodrivmedel, dvs drivmedel framställda ur biomassa, eller vara drivmedel som är framställda ur alternativa fossila råvaror som naturgas.

Intresset för alternativa drivmedel har varit stort de senaste åren, främst inom transportsektorn med fokus på biodrivmedel, men även på alternativa fossila drivmedel. De huvudsakliga bakomliggande drivkrafterna till att ersätta konventionella fossilbaserade drivmedel är dels viljan att minska utsläppen av klimatpåverkande gaser, dels hotet om sjunkande oljeproduktion i kombination med ökande efterfrågan på olja. På kort och medellång sikt förutspås detta kunna leda till ett ohållbart stort glapp mellan oljebehov och oljeproduktion, vilket innebär att alternativa råvarubaser måste användas för drivmedelsframställning. Att öka användningen av alternativa drivmedel är ett sätt att minska beroendet av importerad energi och påverka drivmedelsmarknaden och således energiförsörjningen på längre sikt (EU, 2003).

EU-kommissionen har en uttalad strategi för biodrivmedel som beskrivs i biobränsledirektivet (EU, 2003) samt i en handlingsplan för biomassa (COM, 2005) och i dokumentet ”En EU-strategi för biobränslen” (COM, 2006). Denna strategi innebär bl.a. att mål har satts upp för introduktion av biodrivmedel inom EU. Målet om 2 % andel biodrivmedel i slutet av 2005 är uppnått i Sverige men inte inom EU som helhet (COM, 2005). Idag uppgår användningen av biodrivmedel inom EU till 1,4 % (COM, 2006) och det fastställda målet i EUs biobränsledirektiv är att 5,75 % av drivmedlen för transportändamål ska vara förnybara vid utgången av år 2010. En vision för år 2030 är att biodrivmedel skall ha ersatt 25 % av konventionella drivmedel inom vägtrafiksektorn (BIOFRAC, 2006). Målen gäller transportsektorn och alltså inte explicit för arbetsmaskiner. Dock påverkas dessa indirekt allteftersom olika alternativa drivmedel blir tillgängliga och det befintliga dieselbränslet förändras.

Nedan görs en summarisk genomgång av utvecklingen inom området alternativa drivmedel med fokus på Europa och Sverige. De alternativa bränslen som kan användas i befintliga dieselmotorer behandlas med avseende på hur dessa påverkar emissionsbildningen.

Aktuella alternativa drivmedel

Det finns en mängd alternativa drivmedel som idag används i fordon eller är under utveckling för fordonsbruk. Här följer de huvudsakliga alternativen som anses relevanta i Europa år 2010 och framåt enligt en rapport från EU kommissionens Institut för Miljö och Hållbarhet (EUCAR, CONCAWE and JRC, 2006):

Vätskeformiga drivmedel

- Alkoholer som etanol och metanol
- Biodiesel
- Syntetisk diesel
- MTBE och ETBE (Metyl-*tert*-butyleter och Etyl-*tert*-butyleter)

Gasformiga drivmedel

- Metangas i form av naturgas (CNG, Compressed Natural Gas) och biogas (CBG)
- Motorgas vilket är detsamma som gasol eller LPG (Liquified Petroleum Gas)
- Dimetyleter (DME)
- Vätgas

Alla dessa drivmedel existerar och används i olika omfattning redan idag, antingen kommersiellt eller på försöksnivå. Dessutom är nya typer av energiomvandlare aktuella som alternativ till konventionella förbränningsmotorer med gnisttändning (bensinmotorer eller annan ottomotor) respektive kompressionständning (dieselmotorer). Med energiomvandlare menas en ”motor” som omvandlar kemisk energi (bränsle) till någon annan form av energi, t ex mekanisk energi eller elektrisk energi som kan användas för fordonets framdrivning (Ahlvik och Brandberg, 2002). De icke-konventionella energiomvandlarna som är aktuella i Europa är (EUCAR, CONCAWE and JRC, 2006):

- Bränsleceller
- Elmotorer
- Elhybridmotorer: diesel, ottomotor eller bränslecell
- Hybrid-bränsleceller

Större arbetsmaskiner drivs nästan uteslutande av dieselmotorer. Många av de drivmedel som nämns ovan är däremot typiska ottomotorbränslen genom sina höga oktantal (och låga cetantal) t ex motorgas, naturgas/biogas, etanol, metanol, MTBE och ETBE. Vissa av dessa kan dock användas (och används idag) i dieselmotorer men kräver anpassning av motorn i olika grad. När det gäller ren etanol måste någon typ av tändhjälp användas, t ex kemisk tändtillsats i bränslet eller glödstift. Dessutom omfattar ändringarna högre kompression, modifiering av insprutningssystem, alternativa material och större bränsletankar. Det är framförallt i Sverige som det i någon större utsträckning förekommer tunga fordon med etanoldrift. Försök har även gjorts med låginblandning av etanol i diesel. Alkoholer är bara begränsat blandbara med diesel men kan med relativt hög mängd av tillsatser bilda en emulsion med diesel. En bedömning av Ahlvik och Brandberg (2002) är att det inte är troligt att ett sådant bränsle kan bli ett allmänt använt självständigt bränsle. När det gäller konvertering av dieselmotorer till gasdrift (naturgas/biogas och motorgas) så krävs att motorn antingen byggs om till ottomotor eller modifieras på annat sätt, eftersom någon form av tändkälla krävs. Dessutom krävs ett helt nytt bränslesystem anpassat för gas. Tunga gas- och etanolfordon är således fordon speciellt anpassade för alternativa drivmedel och därför knappast något alternativ för befintliga arbetsmaskiner då någon bränslekonvertering av dessa inte lär vara aktuell.

De alternativa drivmedel som är naturliga dieselmotorbränslen med tillräckligt höga cetantal är biodiesel, syntetisk diesel och dimetyleter (DME). DME är dock ett gasformigt bränsle vilket innebär att ett speciellt tanksystem krävs, dessutom måste motorns insprutningsutrustning anpassas. De alternativa bränslen som återstår att använda i befintliga dieselmotorer i arbetsmaskiner är alltså biodiesel och syntetisk diesel. Dessa två behandlas mer ingående nedan, men eftersom DME är ett uttalat dieselmotorbränsle och har många intressanta egenskaper ur emissionssynpunkt så beskrivs även detta drivmedel översiktligt.

Generellt om biodrivmedel i Europa

De biodrivmedel som används inom Europa idag i någon större utsträckning är bioetanol och biodiesel (BIOFRAC, 2006), framför allt som låginblandning (max 5%) i bensin respektive diesel. Bränslen med hög andel bioetanol eller biodiesel, t ex E85 till Flexible-Fuel bilar, eller ren bioetanol och biodiesel, förekommer också i en del länder bl a i Sverige. Bioetanol (med grödor eller sockerbeter som råvara), biodiesel och biogas framställt genom rötning av avfall omnämns ofta som första generationens biodrivmedel. Den potentiella volymen av bioetanol och biodiesel är begränsad (EUCAR, CONCAWE and JRC, 2006). Etanol från cellulosa har

positiv effekt på utsläppen av växthusgaser och produktionspotentialen för bioetanol skulle kunna öka signifikant om cellulosa utnyttjades.

Enligt en ny prognos från Euroobserver (Euroobserver, 2006) kommer EUs produktion av biodrivmedel år 2010 endast att uppgå till drygt hälften av kommissionens mål (5,75 %) på 18 miljoner ton oljeekvivalenter. Detta trots en fortsatt ökning av produktionen av biodrivmedel inom EU, en ökning på 65,8 % till 3,9 miljoner ton bara från 2004 till 2005. Biodiesel stod för 81 % av produktionen och bioetanol för övriga 19 %. I Sverige däremot stod bioetanol för merparten av all användning av biodrivmedel år 2005. Biogas och RME står för en mindre del av användningen.

I en aktuell rapport (EUCAR, CONCAWE and JRC, 2006) ges en bedömning av energianvändning och utsläpp av växthusgaser från en mängd drivmedel och energiomvandlare relevanta i Europa år 2010 och framåt. I rapporten tas hela kedjan, från produktionskälla till drift av fordonet med i beräkningarna. Dock bygger resultaten på bedömningar vad det gäller personbilar. Några av de generella observationerna är:

- En omställning till alternativa drivmedel kan ge en betydande minskning av utsläppen av växthusgaser men kräver generellt mer energi. Vilken väg man väljer att gå är en kritisk faktor och där behövs mer information vad det gäller volympotential, genomförbarhet, praktisk tillämpbarhet, kostnad och acceptans hos brukarna och ägarna.
- En omställning till alternativa drivmedel är för närvarande dyrt. En reduktion av växthusgaser kostar alltid pengar men höga kostnader leder inte alltid till stora reduktioner av växthusgaser.
- En mängd olika teknologier och användning av ännu fler olika drivmedel är att vänta på marknaden. Inblandning i konventionella bränslen och specifika nisch-applikationer bör övervägas om de signifikant kan reducera utsläppet av växthusgaser till rimliga kostnader.
- Avancerade biobränslen (andra generationens biodrivmedel) och vätgas har högre potential att ersätta fossila bränslen än konventionella biobränslen (första generationens biodrivmedel).

I Sverige förekommer en mängd aktiviteter när det gäller produktion av biodrivmedel. Sedan ett antal år finns det två fullskaliga anläggningar för framställning etanol, dels från spannmål i Norrköping och dels från rester vid pappersmassframställning i Örnsköldsvik. Den första storskaliga anläggningen för biodiesel invigdes nyligen i Karlshamn och i början på 2007 invigs ytterligare en fabrik i Stenungsund. Antalet biogasanläggningar i landet uppgår till 200. Fortfarande används biogasen i huvudsak till värme- och elproduktion men andelen gas som uppgraderas och används som fordonsbränsle ökar för varje år. Andra aktuella projekt är pilotanläggningar för framställning av etanol från skogsråvara, svartlutsförgasning och framställning av syntesgas från biomassa.

På den tunga fordonssidan lanserar Scania ett modulsystem där man kan välja att köra fordonet på biodiesel, etanol eller gas. Inom 5 år räknar man även med att hybridmotorer skall finnas på marknaden (Scania, 2006). Volvo riktar på den tunga fordonssidan in sig på biodiesel, gas och DME/syntetisk diesel, men har DME som sitt huvudspår.

Diesel

Dieselolja eller diesel är ett flytande fossilt bränsle som framställs ur råolja. Diesel består av kolväten som innehåller cirka 10 till 22 kolatomer. Kolvätena i dieselolja är tyngre än t ex kolvätena i bensin och fotogen. Dieselolja har normalt ett kokpunktsintervall mellan 160 och 360°C och ett cetantal mellan 38 och 60 beroende på dieselkvalitet. Cetantalet är ett mått på

hur lätt dieseloljan självantänder genom kompression i en dieselmotor. Energiinnehållet (effektiva värmevärdet) är normalt mellan ca 40 och 44 MJ/kg.

De ingående kolvätena i diesel är kemiskt av olika slag: aromater, olefiner, naftener och paraffiner. Olika typer av kolväten ger dieseln olika egenskaper. Sammansättningen av kolväten i diesel bestäms främst av råoljans ursprung samt vilken teknik som används vid raffineringen. Aromater ger ett högt energiinnehåll, men de har ett lågt cetantal, och ger sämre tändning och förbränning med ökad mängd av partiklar och NO_x i avgaserna. Aromater bidrar också till att både partiklar och gasformiga kolväten i avgaserna blir mer toxiska. Olefiner har låga till måttliga cetantal, och kan endast i begränsad utsträckning användas i dieselolja. Naftener ger ganska goda tekniska egenskaper till dieselolja, och de ger relativt rena avgaser. Paraffiner har ett högt cetantal och ger, framför allt om de är raka eller lätt grenade, renast dieselavgaser. De är dock dyrare att ta fram.

I Sverige introducerades 1991 diesel av miljöklass 1 (Mk 1). Mk 1 är sedan 1996 det helt dominerande dieselbränslet i Sverige, 2005 var försäljningsandelen 98,4% (SPI, 2006). Detta är även det bränsle som används inom arbetsmaskinsektorn. Mk 1 är en mycket ren dieselkvalitet som karaktäriseras bl a av låg andel aromatiska kolväten (max 5 vol %), inga polycykliska aromatiska kolväten (PAH) och extremt låg svavelhalt (max 10 ppm, vilket i realiteten betyder svavelfritt), vilket innebär att svensk diesel länge har haft en särställning när det gäller renhet och utsläpp. Inom EU har max.halten svavel i diesel länge legat långt över de svenska värdena men sänktes år 2000 till 350 ppm, 2005 till 50 ppm och från 2009 gäller samma nivå som i svensk MK1 diesel. En låg svavelhalt i bränslet har en positiv effekt på partikelemissionerna och är i många fall ett måste för att kunna använda ny teknik för avgasefterbehandling. Det är givetvis av stor vikt att de alternativa drivmedel som ska ersätta diesel inte bara minskar utsläppet av växthusgaser utan även ger emissioner som ligger i nivå med eller helst under de nivåer som uppnås med svensk diesel, både vad det gäller reglerade emissioner (NO_x, PM, HC, CO) och oreglerade emissioner.

Biodiesel i form av RME

Biodiesel framställs genom att låta en vegetabilisk eller animalisk olja reagera med en alkohol, vanligen metanol vilket ger estrar som går under beteckningen FAME (Fatty Acid Methyl Esters). Denna process ger glycerin som biprodukt och producerar ett drivmedel med en kokpunkt runt 350°C och som lämpar sig som bränsle till dieselmotorer. Idag framställs metanolen ur fossil råvara. En bättre lösning i framtiden skulle vara att använda biometanol i FAME-produktionen eller att producera etylestrar (FAEE) med hjälp av bioetanol istället för metanol. I Europa och Sverige är den vanligaste råvaran som används rapsolja och det drivmedel som framställs kallas följaktligen rapsmetylester (RME). I andra länder som USA förekommer även biodiesel framställd av t ex sojabön- och solrosolja (SME) samt palmolja (PME). RME behandlas ingående i en rapport från Ecotraffic (Ahlvik och Brandberg, 2002) från vilken en stor del av informationen nedan har hämtats.

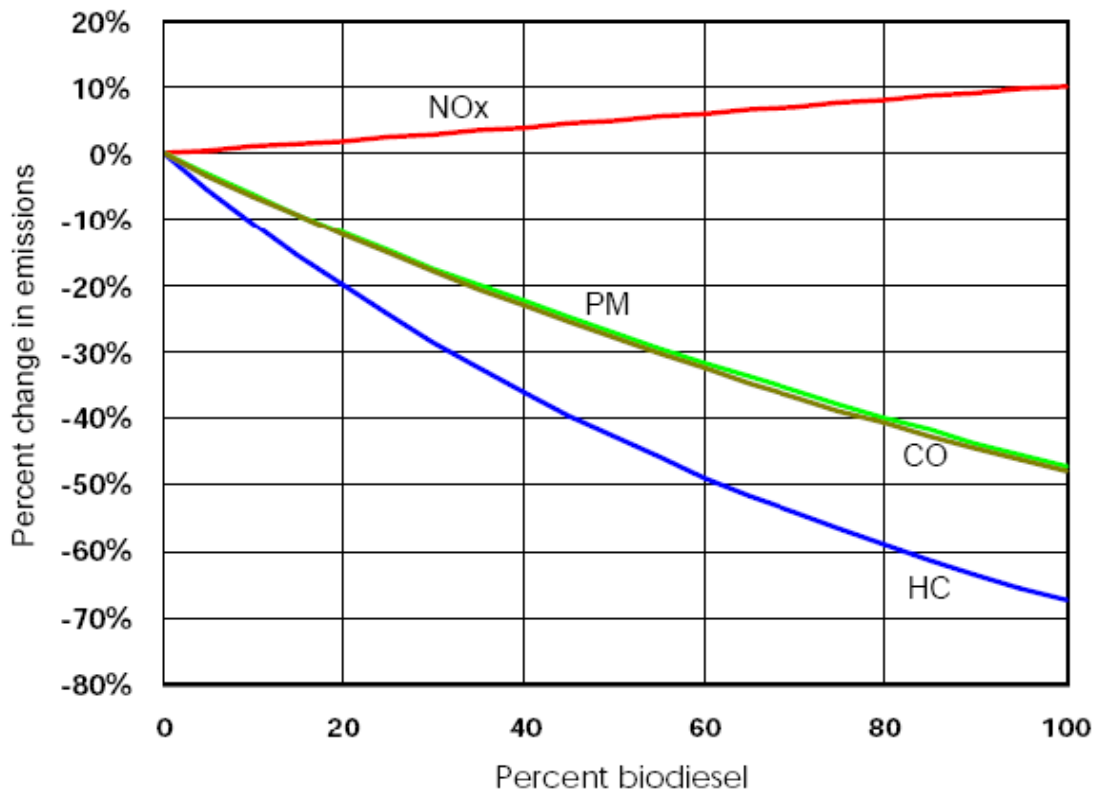
RME kan användas antingen som låginblandning i diesel eller i ren form. Alla dieselfordon (befintliga eller nya) kan köras med låginblandning av RME i diesel. Ren RME går att köra i konventionella dieselmotorer, men kräver att fordonen är anpassade för detta bränsle. Vissa nya motorer i tunga fordon klarar från 0-100 % inblandning av biodiesel (Scania, 2006). Den 1 augusti 2006 ändrades standarden för svensk Mk 1 diesel till att tillåta en inblandning av upp till 5 % FAME. Detta är en anpassning till den europeiska dieselstandarderna och öppnar upp för inblandning i all diesel på samma sätt som ett antal år varit fallet med etanolinblandning i bensen.

Egenskaper

RME har ett cetantal i samma storleksordning som diesel, något högre densitet, högre viskositet och ett något lägre energiinnehåll per liter. Vidare är innehållet av aromatiska kolväten och svavel så gott som noll i RME. RME har bättre smörjande egenskaper än svensk Mk 1 diesel men sämre koldgenskaper. En fördel gentemot diesel är den mycket låga akuta toxiciteten och att RME är biologiskt nedbrytbart.

Emissioner och bränsleförbrukning

RME är ett dieselmotorbränsle och precis som för konventionell diesel karakteriseras utsläppen av förhållandevis höga utsläpp av NO_x och partiklar medan utsläppen av CO och kolväten generellt sett är låga. Omfattande litteraturgenomgångar av Aakko et al (2000) och McCormick et al (2006) tyder på att användningen av RME liksom för andra typer av FAME minskar utsläppen av partiklar. En aktuell publikation tyder på att minskningen av partikelutsläppen vid FAME-inblandning kvarstår även när partikelfilter installeras (Williams et al., 2006). Dock saknar skillnaden praktisk betydelse då partikelfilter reducerar PM med 99 % för diesel liksom vid FAME-inblandning. Utsläppen av CO och kolväten minskar också. NO_x emissionerna vid användning av biodiesel är generellt något högre jämfört med diesel. Vid inblandning av biodiesel (20 %) är NO_x emissionerna generellt något högre eller oförändrade jämfört med diesel (Aakko et al, 2000; McCormick et al, 2006). Dock är många av jämförelserna gjorda med diesel med relativt högt svavelinnehåll, vilket innebär att minskningen av partiklar inte är lika uttalad vid jämförelse med Mk 1 och att den eventuella ökningen av NO_x är större. Resultaten från en mängd studier av effekten av biodiesel på reglerade utsläpp har sammanställs i en EPA-rapport (USEPA, 2002). I figur 18 redovisas de sammanställda resultaten från denna rapport. När det gäller oreglerade emissioner så är den generella trenden (Aakko, 2000) ökade aldehydutsläpp och något reducerade PAH-utsläpp. Underlagen vad det gäller 1,3-butadien är sämre men tyder på en reduktion när RME används. När det gäller energieffektivitet innebär biodiesels lägre energiinnehåll en något lägre motoreffekt och aningen ökad specifik bränsleförbrukning (g/kWh), men det handlar om någon procentenhet. Vid låginblandning är denna skillnad försumbar.



Figur 18. Trender i procentuell förändring av reglerade emissioner vid inblandning av biodiesel beräknade utifrån en mängd publicerade dieselmotorstudier (USEPA, 2002). Observera att kurvan för CO och PM sammanfaller

Syntetisk diesel

Syntetisk diesel kallas även Fischer-Tropsch diesel, FT-diesel eller GTL-bränsle (Gas To Liquid). Syntetiska drivmedel förordas av många analytiker, främst pga. flexibiliteten både vad det gäller råvaror och drivmedel. Syntetisk diesel produceras idag i viss utsträckning genom förgasning av naturgas eller kol till syntesgas (CO och H₂) som sedan omvandlas till diesel. Teoretiskt kan alla ämnen som innehåller kol förgasas och av syntesgas kan ett antal drivmedel framställas som metanol, diesel, bensin, metan eller DME. Syntetisk diesel kan användas ren i befintliga dieselmotorer eller som blandningskomponent i konventionell diesel.

Det är framför allt i Sydafrika och Malaysia som syntetisk diesel produceras kommersiellt i någon större omfattning, men många projekt pågår runtom i världen. Det finns två kommersiella leverantörer av syntetisk diesel i Sverige idag. I båda fallen handlar det om syntetisk diesel tillverkad ur naturgas. Forskning pågår för att undersöka möjligheterna att producera syntetisk diesel via förgasning av skogsråvara och då kallas den för BTL bränsle (Biomass To Liquid). Sverige ligger långt framme i denna utveckling på orter som Piteå (svartlutsförgasning), Umeå, Härnösand och Värnamo. Ännu finns endast en liten pilotanläggning i världen som demonstrerar BTL-tekniken och den ligger i Freiberg, i södra Tyskland. BTL processen har potential att minska utsläppen av växthusgaser i större utsträckning än befintliga alternativa biodrivmedel (EUCAR, CONCAWE and JRC, 2006).

I Finland har Neste byggt en intressant anläggning i miljardklassen som är klar för produktion av biodrivmedel sommaren 2007. Där utgår man från liknande råvaror som vid FAME-framställning, såsom olika växtoljor och djurfetter, men förädlar dem i en raffinaderiprocess och kan då erhålla ett bränsle som motsvarar syntetisk diesel.

Alleman and McCormick (2003), Bluestein (2003) och i viss mån Szybist et al. (2005) har gått igenom litteraturen som behandlar FT-diesel med avseende på egenskaper och emissioner. Även Ahlvik och Brandberg, 2002 behandlar detta ämne.

Egenskaper

Syntetisk diesel består nästan enbart av paraffiner. Typiska värden på andelen aromatiska kolväten är omkring 0,1-2 %. FT-diesel med lägre paraffinnehåll förekommer också och kan innehålla omkring 10 % aromater. Karaktäristiska egenskaper är mycket högt cetantal, ett högt H/C förhållande, svavelinnehåll nära noll (ofta < 1ppm) och viskositet i samma storleksordning som konventionell diesel. Syntetisk diesel med högt paraffinnehåll har sämre smörjande förmåga och sämre koldgenskaper jämfört med konventionell diesel. Detta kan dock motverkas med smörjande additiv respektive genom att modifiera processförhållandena. Energiinnehållet i MJ/kg är liknande som för konventionell diesel men densiteten är lägre, vilket innebär att en effektförlust med omkring 5-10 % ofta rapporteras. Den biologiska nedbrytbarheten är ungefär densamma som för diesel.

Emissioner och bränsleförbrukning

I nästan samtliga undersökta studier minskar utsläppen av NO_x, PM och CO med syntetisk diesel. Även HC-emissionerna minskar generellt även om effekterna på HC-emissioner är mer varierande. Utsläppen av HC är dock, liksom för konventionell diesel, låga. Reduceringen av NO_x- och PM emissioner var i medeltal 13 % respektive 26 % enligt litteraturgenomgången av Alleman and Robert McCormick (2003). Abbott et al. (2006) rapporterar 12 % minskning av NO_x och 31 % minskning av PM. Minskningen av PM tillskrivs i första hand det låga svavelinnehållet, det låga innehållet av aromater och det höga cetantalet medan NO_x-reduktionen i första hand anses bero på det höga cetantalet. De flesta jämförelserna är gjorda med diesel med en svavelhalt kring 300 ppm, vilket innebär att emissionsfördelarna antagligen är mindre gentemot Mk 1-diesel. I motorer med modern efterbehandlingsteknik antas skillnaderna i utsläpp jämfört med konventionell diesel vara betydligt mindre eller försumbara. Utsläppen av oreglerade toxiska utsläpp såsom bensen, formaldehyd, acetaldehyd, 1,3-butadien och PAH rapporteras vara signifikant lägre vid användning av FT-diesel (Bluestein, 2003).

Bränsleförbrukningen är oftast oförändrad eller något lägre för syntetisk diesel (Wetterberg et al., 2003).

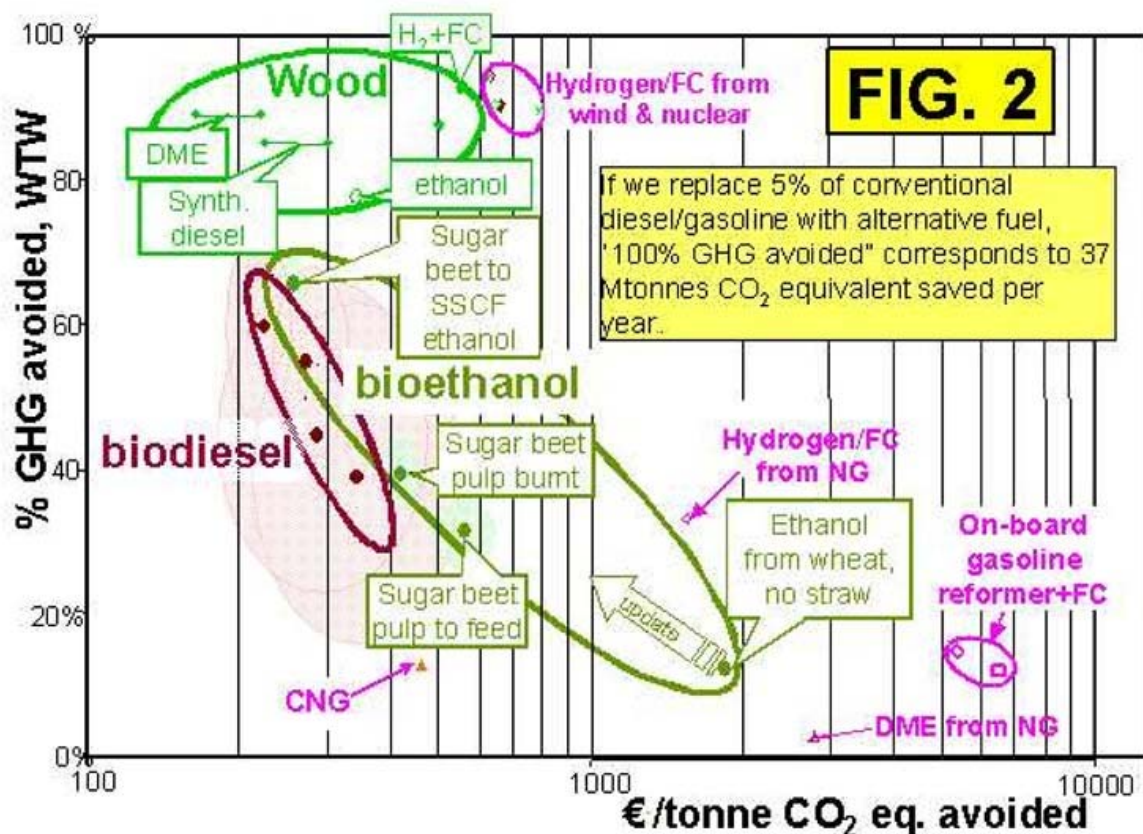
DME

Dimetyleter (DME) är gasformigt bränsle med den kemiska formeln CH₃OCH₃ som liksom syntetisk diesel kan tillverkas genom förgasning av en mängd fossila och förnyelsebara råvaror. Ett produktionssätt som anses speciellt attraktivt är via förgasning av svartlut, en restprodukt vid pappersmassatillverkning (EUCAR, CONCAWE och JRC, 2006). DME har högt cetantal och lämpar sig väl för dieselmotorer, men motorn måste anpassas i form av förändringar av insprutningsutrustningen och ett speciellt tanksystem. DME anses kunna produceras med lägre energiåtgång och lägre utsläpp av växthusgaser än andra GTL- eller BTL-drivmedel (EUCAR, CONCAWE och JRC, 2006 och Ahlvik och Brandberg, 2002). DME påminner ur lagringssynpunkt om gasol och övergår till en vätska under moderata tryck. Den behöver därför inte lagras under högt tryck till skillnad från biogas/naturgas. I egenskap av ett gasdrivmedel skulle användningen av DME kräva en speciell infrastruktur för distribution, antagligen liknande den som finns för gasol i vissa länder där gasol används som drivmedel. Varken bränslet DME eller fordon som kan drivas med DME finns i dagsläget i kommersiell drift.

DME har sannolikt bättre emissionsegenskaper än alla andra alternativa drivmedel för dieselmotorer. Sotbildningen upphör praktiskt taget med DME, vilket antagligen beror på DMEs avsaknad av C-C bindningar, och innebär att det inte behövs partikelfilter för att klara kommande utsläppskrav. NO_x-emissionerna minskar också avsevärt jämfört med diesel (Ahlvik och Brandberg, 2002). Utsläppen av CO och eventuellt också av HC ökar med DME men detta kan lätt regleras med en oxiderande katalysator.

Energieffektivitet och utsläpp av växthusgaser

När det gäller jämförelser med avseende på energieffektivitet i hela systemet för alternativa bränslen och totala miljömätningar vad det gäller t ex växthusgaser, är detta ett mycket komplext område som ej behandlas i denna rapport. Det finns mängder av mycket omfattande livscykelanalyser och "Well to wheel"-studier för europeiska förhållanden och resultaten har stor spridning (Blinge, 2006). Några aktuella rapporter inom detta område är EUCAR, CONCAWE and JRC (2006), Ahlvik och Brandberg (2001) och Blinge (2006). I figur 19 redogörs för olika drivmedels kostnad och inverkan på utsläppen av växthusgaser enligt en rapport från EUCAR, CONCAWE and JRC (2006) som fått relativt stort genomslag i Europa. Rapporten baseras på en mängd olika produktionssätt och användandet av ett flertal olika typer av energiomvandlare i personbilar. Anmärkningsvärt är de fördelaktiga siffrorna för DME och syntetisk diesel från skogsråvara.



Figur 19. Procentuell reduktion av växthusgaser (CO₂, CH₄ och N₂O) vid användandet av alternativa drivmedel jämfört med konventionella drivmedel (diesel och bensin) och den specifika kostnaden i Euro för växthusgasreduktionen. Data baseras på 2010 års teknologi (EUCAR, CONCAWE and JRC, 2006)

Analys av olika styrmedel/åtgärder

De styrmedel som vi föreslår att man tar i beaktande är uppdelade i tre huvudgrupper, ekonomiska, regleringar samt informativa. Inom dessa huvudgrupper finns sedan mer specifika typer av styrmedel, exempel på dessa finns i Tabell 26 (alla exempel är inte relevanta för större arbetsmaskiner):

Tabell 26. Styrmedel beaktade i denna studie

Ekonomiska	Reglering	Informativa
Diff. skatt på nyinköp	Utsläppskrav	Informationskampanj
Diff. skatt på bränsle	Upphandlingskrav	Miljömärkning
Skrotningspremie	Miljözon	KRAV-specifikation
Subvention på bränsle	Miljöklassning	Svanen-märkning
Subvention på nyinköp	Besiktning	Frivilliga åtaganden

Sektor

Eftersom fordonsparken av stora arbetsmaskiner är förhållandevis homogen inom en sektor så syftar sektorsindelningen i tabell 27 till typ av arbetsmaskin istället för näringsgren. Förutsättningarna mellan de olika sektorerna skiljer sig mellan sektorer och motiverar därmed en sådan uppdelning.

Åldersfördelning

Åldersfördelningen av en viss typ av arbetsmaskin påverkar hur effektiv (och därmed hur lämplig) ett ekonomiskt styrmedel som påverkar inköspriser eller skrotningspriser är. Den påverkar även lämpligheten av reglerande av teknik vid ny försäljning. Åldersfördelningen reflekterar omsättning av maskinbeståndet, vilket i sin tur är avgörande för effekten hos denna typ av ekonomiska styrmedel. Över tillräckligt lång sikt blir denna aspekt mindre relevant. Den avgörande frågan som åldersfördelningen ger svar på är om ett styrmedel ska riktas in mot befintligt bestånd eller mot nyinköp.

För maskiner inom skogsbruket anger muntliga källor (Skogforsk, 2007; Larsson-Snygg, 2007) att användandet av maskiner är konstant fördelat för maskiner i åldersklassen 0 till 7-8 år. Därefter går användandet i stort sett ner till noll på grund av skrotning eller försäljning till utlandet. Det finns däremot en viss uppsättning av äldre maskiner i privat bruk, därför har det i denna studie antagits att 5 % av det totala beståndets drifttid består av maskiner som är i åldersklassen 10 - 20 år. För jordbruket och industri/anläggning används data över drifttid och bestånd för åldersindelningen; se figur 12 (avsnitt "Totala emissioner och bränsleförbrukning") eller bilaga B och C. Speciellt för industri/anläggning är att drifttiden endast finns tillgänglig för entreprenadmaskiner. Beståndet av truckar inom denna sektor anses ha samma körmönster som entreprenadmaskiner.

Anledningen till varför en åldersindelning i klasserna 0-10, 10-20 samt över 20 är vald är att användandet av enskilda arbetsmaskiner har visat sig vara avtagande upp till 20 års ålder för att därefter stanna vid en viss användningsnivå till dess att maskinerna skrotas.

Ägandeform

Ägandeformen avgör till viss del hur priskänslig en ägare kan tänkas vara för olika prisjusteringar. Generellt kan sägas att ett företag är priskänsligare än en offentlig verksamhet.

Det privata ägandet anses utgöra en mycket liten del av det totala beståndet av stora arbetsmaskiner och tas inte hänsyn till i denna bedömning av styrmedel. Ägandeformen är dessutom relevant för att identifiera hur lätt det kan tänkas vara att kontrollera efterlevnaden av ett styrmedel. Offentlig verksamhet antas vara lättast att kontrollera, följt av företag och därefter privatpersoner. Möjlighet till efterlevnadskontroll påverkar lämpligheten av ett reglerande eller ekonomiskt styrmedel. Företag eller offentligt syftar i denna tabell på vem som är beställaren av de tjänster som erbjuds av en arbetsmaskin. Denna indelning är relevant för att kunna urskilja effektiviteten av ekonomiska styrmedel och för att kunna avgöra om detaljregleringar kan vara tillämpbara.

Urban eller Rural

Denna aspekt är endast relevant för om miljözoner är att beakta eller inte. I rurala områden anses inte miljözoner ha en nämnvärd effekt på utsläpp av luftföroreningar. Miljözoner kan fortfarande vara intressanta för att minska bullernivåer eller skydda känsliga naturmiljöer. Men eftersom dessa aspekter inte är under beaktande i denna studie så används indelningen mellan rural/urban som en indikator på om miljözoner kan vara effektiva eller inte. För att miljözoner ska tänkas ha en effekt på luftutsläpp från arbetsmaskiner krävs att dessa används i urban miljö där koncentration av utsläpp är förhållandevis hög.

Teknisk Utveckling

Det som teknisk utveckling syftar på i denna tabell är utvecklingen som sker autonomt inom branschen utan påverkan av regleringar eller annat myndighetsutövande.

Hastigheten på den tekniska utvecklingen inom maskintypen påverkar bedömningen om huruvida tekniskspecifika regleringar, utsläppspecifika eller ekonomiska styrmedel bör användas. Ju snabbare teknisk utveckling, desto svårare för en myndighet att ha kunskap om branschen, vilket i sin tur gör teknikregleringar olämpliga. Snabb teknisk utveckling talar för ekonomiska styrmedel och emot regleringar, då särskilt tekniskspecifikationer. Den tekniska utvecklingen av skogsmaskiner är mycket snabb och nya tekniska lösningar introduceras kontinuerligt enligt muntliga källor (Skogforsk, Larsson-Snygg, 070111). Däremot anses inte denna utveckling vara relaterad till utsläpp från skogsmaskiner, annat än genom sekundära effekter. Den tekniska utvecklingen inom industri/anläggning följer de krav på utsläpp som finns, så någon autonom utveckling utöver den som stimuleras via krav på utsläppsnivåer räknas inte med i denna studie.

Övrig information

Speciellt för jordbrukssektorn är att utsläppen från jordbruksmaskiner påverkas av två motverkande trender. Motoreffekten på nya maskiner är generellt sett långsamt stigande, vilket innebär att varje körd timma innebär mer utsläpp än för maskiner med mindre effekt. Dock minskar den svenska arealen som brukas som jordbruksmark, vilket innebär att efterfrågan på kWh inom jordbruket minskar. Nettoeffekten av dessa två trender är för närvarande okänd, men i denna studie antas att den är noll.

Endast dieseldrivna maskiner omfattas i studien eftersom dessa utgör i stort sett hela beståndet av arbetsmaskiner med en effekt över 37 kW. De olika storleksnivåerna över 37 kW anses inte spela roll för bedömningen om vilka styrmedel som kan antas som effektiva.

I Tabell 27 redovisas dagens situation såsom den av oss bedöms vara gällande för arbetsmaskiner med en effekt över 37 kW i Sverige. Denna översikt ligger till grund för bedömning av lämpliga styrmedel för denna grupp av arbetsmaskiner. Siffrorna i tabellen grundar sig på de uppskattningar om drifttid och maskinparkens åldersindelning som tagits

fram till denna studie. Beteckningen 'X' står för att en viss förutsättning är relevant för den aktuella sektorn.

Tabell 27. Aspekter relevanta för bedömning av lämpliga styrmedel, arbetsmaskiner >37kW

	Förutsättningar			Företag (%)	Offentlig (%)	Urban	Rural	Teknisk utv.
	Åldersfördelning, användande (% timtot)							
S	<10 år	10 till 20	>20 år	Användning				
e	Jordbruk	66	32	2	80	20	X*	reglerad
k	Skogsbruk	95	5	-	50	50	X	snabb
t	Industri/anl.	72	24	4	n.a.	n.a.	X	X
o								reglerad
r								

*X innebär att en viss förutsättning råder för den aktuella sektorn

Sammanfattande kvalitativ bedömning

Den sammanfattade bedömning av vilka styrmedel som kan antas vara mest kostnadseffektiva inom de olika sektorerna presenteras i tabell 28. Som grund för bedömningen bör nämnas att ekonomiska styrmedel generellt är mer kostnadseffektiva än andra typer av styrmedel om det finns en väl fungerande marknad för det som regleras. Däremot finns det gott om situationer då ekonomiska styrmedel blir mindre kostnadseffektiva och då andra styrmedel kan visa sig vara bättre.

De fordon som innefattas av jordbruket är traktorer och då även de traktorer som finns inom andra näringsgrenar och i privat ägo. Antalsfördelningen av traktorer mellan olika näringsgrenar är, som kan ses i tabell 8 (avsnitt ”Traktorer”), 58 % jord- och skogsbruk, 13 % industri och 29 % samhälle. Av de sektorer som studerats är jordbruket den sektor med lägst omsättning av maskinparken vilket tyder på att åtgärder inriktade på nya maskiner kommer ha liten effekt på utsläpp. Utsläppen från nya traktorer är dessutom redan reglerade enligt EU-standarder (se kapitel 4.1). Den huvudsakliga användaren av traktorer är enligt uppskattningarna en företagare. Detta faktum stödjer användandet av ekonomiska styrmedel. På grund av att större delen av utsläppen orsakas av näringsidkare bör information ha begränsad effekt på utsläppen, även om ändrade körbeteenden kan misstänkas ha positiv effekt. De ekonomiska styrmedel som förespråkas bör rikta in sig mot traktorernas driftskostnader på grund av den låga omsättningen på fordon. Exempel på sådana styrmedel är ytterligare miljödifferntiering av bränsleskatter samt differentiering av fordonsskatt med förmån för maskiner med låga utsläpp, vilket skulle uppmuntra till eftermontering av reningsutrustning. På grund av låg drifttid på gamla maskiner förespråkas inte skrotningspremier.

För skogsbruket är det mest iögonfallande den extremt fokuserade drifttiden på åldersklassen 1 - 8 år samt den mycket höga drifttiden per fordon för dessa arbetsmaskiner. Detta innebär att styrmedel riktade mot nya maskiner kan antas ha relativt stor effekt. Som för jordbruket finns det även här redan införda regleringar gällande utsläppsnivåer. De som använder skogsbruksmaskiner antas till ca 50 % ingå i någon typ av offentlig verksamhet (Svenska Maskinägarföreningen), vilket stödjer att specifikationer för miljöprestanda vid upphandling kan vara kostnadseffektivt. Skogsbruket är en bransch som är utsatt för hård internationell konkurrens vilket innebär att ekonomiska styrmedel, som gynnar låga utsläpp och missgynnar

höga utsläpp i ett nollsummespel, bör vara kostnadseffektiva. Som för jordbruket anses information inte vara effektivt då det finns litet utrymme för frivilliga beteendeändringar.

För industri och anläggning finns det ingen uppskattning om hur användandet av arbetsmaskiner är fördelat mellan företag och offentliga myndigheter. Till skillnad från de tidigare två sektorerna verkar arbetsmaskiner inom denna sektor i både urbana och rurala miljöer. Om lokala miljö kvalitetsnormer gällande föroreningshalter överskrids kan mycket väl miljözoner som bara tillåter den mest miljövänliga typen av arbetsmaskin vara ett alternativ med god kostnadseffektivitet eftersom sådana maskiner i så fall skulle innebära en konkurrensfördel för entreprenadföretagen. Information i form av sparsam körning har i en pilotstudie i Göteborgs Hamn visat sig ha relativt stor effekt på bränsleförbrukningen vilket stödjer användandet av informativa styrmedel i denna sektor (Jivén, 2003). Även dessa maskiner är redan reglerade med avseende på utsläpp, och det bör därför finnas lite ytterligare utrymme för den typen av regleringar. Bedömningen gällande kostnadseffektiva ekonomiska styrmedel är mer osäker på grund av osäkerhet i fördelningen vid användning/ägarförhållanden men styrmedel som uppmuntrar till eftermontering av reningsutrustning på den äldre delen av fordonsparken borde även i denna sektor vara förhållandevis kostnadseffektiv.

Tabell 28. Uppskattning av kostnadseffektiva styrmedel (● = mindre kostnadseffektiv, ●●● = mer kostnadseffektiv)

		Styrmedel		
		Ekonomiska	Reglering	Informativa
Sektor	Jordbruk	●●●	●	●
	Skogsbruk	●●●	●●	●
	Industri/anl	●●	●●	●●

Som en sista förklarande kommentar till tabell 15 måste man trycka på att den bedömning som görs syftar på vilket styrmedel som bedöms vara mest kostnadseffektivt. Den totala potentialen hos ett styrmedel är inte det enda som avgör vad som är kostnadseffektivt och det är mycket möjligt att vissa styrmedel som inte förespråkas ur ett ”kostnadseffektivitetsperspektiv” i denna rapport har mycket hög effekt på totala utsläppsnivåer. Dessutom måste tilläggas att studien har fokuserat på att utskilja det styrmedel som kan antas vara mest lämpligt ur ett kostnadseffektivitetsperspektiv, medan det vid införande av nya styrmedel är mycket troligt att flera olika typer av styrmedel i kombination är det som kommer att ge bäst samlad effekt, både med hänsyn till total effekt och kostnadseffektivitet samt politisk acceptans.

REFERENSER

- Aakko, P., Westerholm, M., Nylund, N.-O., Moisiso, M., Marjamäki, M., Mäkelä, T., Hillamo, R. (2000) IEA/AMF Annex XIII: Emission Performance of Selected Biodiesel Fuels - VTT's Contribution. VTT report ENE5/33/2000
- Abbot, R. et al. (2006) Evaluation of Ultra Clean Fuels from Natural Gas. Final report DE-FC26-01NT41098, February 2006. DOE, US Department of Energy
- Ahlvik, P., Brandberg, Å. (2001) Systemeffektivitet för alternativa drivmedel. Olika drivmedel och drivsystem/motorer i ett livscykelerspektiv. Ecotraffic R&D AB. Vägverkets publikationsnr. 2001:39
- Ahlvik, P., Brandberg, Å. (2002) Med hållbarhet i tankarna. Introduktion av biodrivmedel. Ecotraffic R&D AB. Vägverkets publikationsnr. 2002:83
- Alleman, T.L., McCormick, R.L (2003) Fischer-Tropsch Diesel Fuels - Properties and Exhaust Emissions: A Literature Review. SAE Technical paper 2003-01-0763. Society of Automotive Engineers.
- BIOFRAC (2006) Biofuels in the European Union – A vision for 2030 and beyond. Final Report EUR 22066. Biofuels Research Advisory Council, European Commission
- Blinge, M. (2006) Alternativa drivmedel - Emissioner och energianvändning vid produktion. Rapport till NTM.
- Bluestein, L. (2003) Status Review of DoE Evaluation of Fischer-Tropsch Diesel Fuel as a Candidate Alternative Fuel Under Section 301(2) of the Energy Policy Act of 1992. Technical Analyse, Docket for Rulemaking on Fischer-Tropsch Diesel Fuels (EE-RM-02-200). DOE, US Department of Energy
- COM (2005) Biomass Action Plan. Communication from the Commission of 7 December 2005, COM(2005) 628 final - Official Journal C 49 of 28 February 2005]
- COM (2006) An EU Strategy for Biofuels, Commission Communication of 8 February 2006, COM(2006) 34 final - Official Journal C 67 of 18 March 2006
- Dahlén, Lars (2005). Engine Development for Euro 5 and beyond. Heavy-duty diesel emissions control symposium. 22-22 september 2005, Society of Automotive Engineering International. Lars Dahlén, Head of Advanced Combustion, Scania Engine Development
- Dahlqvist, Kenneth, Dinex Sweden. Personligt meddelande, 2006
- EEA (2005). EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook - 2005. Technical report No 30 European Environment Agency, Copenhagen Denmark
- EU (1997). Directive 97/68/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 1997 on the approximation of the laws of the Member States relating to measures against the emission of gaseous and particulate pollutants from internal combustion engines to be installed in non-road mobile machinery. Official Journal of the European Union L 059, 1-86
- EU (2000). Directive 2000/25/EC of the European Parliament and of the Council of 22 May 2000 on action to be taken against the emission of gaseous and particulate pollutants by engines intended to power agricultural or forestry tractors and amending Council Directive 74/150/EEC. Official Journal of the European Union L 173, pp 1-34.

- EU (2003) Directive 2003/30/EC of the European Parliament and of the Council of 8 May 2003 on the promotion of the use of biofuels or other renewable fuels for transport. Official Journal of the European Union L 123 of 17.05.2003
- EU (2004a). Directive 2004/26/EC of the European Parliament and of the Council of 21 April 2004 amending Directive 97/68/EC on the approximation of the laws of the Member States relating to measures against the emission of gaseous and particulate pollutants from internal combustion engines to be installed in non-road mobile machinery. Official Journal of the European Union L 146, pp 1-110
- EU (2004b). Corrigendum to Directive 2004/26/EC of the European Parliament and of the Council of 21 April 2004 amending Directive 97/68/EC on the approximation of the laws of the Member States relating to measures against the emission of gaseous and particulate pollutants from internal combustion engines to be installed in non-road mobile machinery. Official Journal of the European Union L 225, pp 3-107
- EU (2005). Commission directive 2005/13/EC of 21 February 2005 amending Directive 2000/25/EC of the European Parliament and of the Council concerning the emission of gaseous and particulate pollutants by engines intended to power agricultural or forestry tractors, and amending Annex I to Directive 2003/37/EC of the European Parliament and of the Council concerning the type-approval of agricultural or forestry tractors
- EUCAR, CONCAWE och JRC (2006) Well-to-Wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context. Well-to-Wheels Report Version 2b, May 2006
- Euroobserver (2006) Biofuels Barometer, EurObserv'ER Rapport 57, Maj 2006 (på franska)
- Fahlström Niklas, Dieselcleaning AB. Personligt meddelande, 2007
- Flodström, E. Sjödin, Å., Gustafsson, T. (2004) Uppdatering av utsläpp till luft från arbetsfordon och arbetsredskap för Sveriges internationella rapportering. Rapportserie SMED och SMED&SLU Nr2 2004. Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut
- Fridell, E., Åström, S., Belhaj, M. (2007) Emissioner från små arbetsmaskiner – Emissionsberäkningar och åtgärdsdiskussioner. Rapport till Naturvårdsverket??, IVL Svenska Miljöinstitutet.
- Hansson, P.-A., Burström, A., Norén, O., Bohm, M. (1998). Bestämning av motoremissioner från arbetsmaskiner inom jord- och skogsbruk [Engine emissions from agricultural tractors and forestry machines]. Report 232 Department of agricultural engineering, Swedish University of agricultural sciences
- Jivén, A. (2003) Miljöoptimerade godstransporter till och från Göteborgs hamn, projektrapport inom projektet ”Miljöoptimerade godstransporter via Göteborgs hamn”, Göteborgs Hamn AB
- Karlsson, K. (1999) Arbetsmaskiner – Utsläpp och förslag till tekniska åtgärder. Rapport till Naturvårdsverket
- Krishnan, R., Tarabulski, T.J. (2005) Economics of Emission Reduction For Heavy Duty Trucks. DieselNet Technical Report January 2005
- Larsson-Snygg Bengt, Skogsmaskinföretagarna (www.entreprenad.se). Personligt meddelande, 2007-01-11
- Lindgren, M., Pettersson, O., Hansson, P.-A., Norén, O. (2002). Jordbruks- och anläggningsmaskiners motorbelastning och avgasemissioner samt metoder att minska bränsleförbrukning och avgasemissioner [Engine load pattern and engine exhaust gas

- emissions from off-road vehicles and methods to reduce fuel consumption and engine exhaust gas emissions]. Report Agriculture and Industry 308, Swedish Institute of Agricultural and Environmental Engineering, Uppsala, Sweden
- Lindgren, M. (2007). A methodology for estimating annual fuel consumption and emissions from non-road mobile machinery – Annual emissions from the non-road mobile machinery sector in Sweden for year 2006. Report 2007:01. Department of Biometry and Engineering, Swedish University of Agricultural Sciences
- Lunds Universitet, Avdelningen för Förbränningsmotorer, Information från hemsida: <http://www.vok.lth.se>
- Löfgren, B. (2002). Skogsmaskiners motorbelastning och avgasemissioner: en studie inom projekt EMMA. Arbetsrapport nr 523. Skogforsk
- McCormick, R. L.; Williams, A.; Ireland, J.; Brimhall, M.; Hayes, R.R. (2006) Effects of Biodiesel Blends on Vehicle Emissions. Milestone report NREL/MP-540-40554. National Renewable Energy Laboratory
- Naturvårdsverket (2003) Ekonomiska styrmedel inom miljöområdet - en sammanställning. NV rapport 5333, © Naturvårdsverket
- Naturvårdsverket (2006) Naturvårdsverkets rapportering enligt EU:s takdirektiv 2001/81/EG
- Ny Teknik (2005) Tidningsartikel av Niclas Köhler, införd 050504
- Persson, K. Kindbom, K. (1999). Kartläggning av emissioner från arbetsfordon och arbetsredskap i Sverige. IVL rapport B 1342. Institutet för vatten och luftvårdsforskning
- SIS (1996) Jordförflyttningmaskiner - Säkerhet - Del 1: Allmänna krav. Standard SS-EN 474-1.
- Scania (2006) Pressinfo Per-Erik Nordström, P06603SE Juni 2006 samt P06903SE 20 september 2006
- SCB (2004) Traktorer, motorredskap och terrängvagnar. Offert beteckning 849 369-4/157184.
- SCB (2005) Rapporter från lantbrukets företagsregister 1999. Sysselsatta m.m. i jordbruket 1999 [Farm labour force in 1999]. Publication JO 30 SM 0001, Official statistics of Sweden, Statistics Sweden
- Skogforsk. Personligt meddelande, 2007
- SPI (2006) Svenska Petroleuminstitutet, information från hemsida: www.spi.se
- Starr, M. Buckingham J. & Jackson Jr. C. (1999). Development of transient test cycles for selected non-road diesel engines. The American Society of Mechanical Engineers, 32-1, 145-156
- Statoil (2006) prislista 20061216 från hemsida: www.statoil.se
- Sternes, T. (2003) Policy Instruments for Environmental and Natural Resource Management, textbook, RFF press, © Resources for the Future
- Sternhufvud, C., Belhaj, M., Åström, S. (2006) The Features of Non Technical Measures and Their Importance in Cost Effective Abatement of Air Pollutant Emissions - Applied to two Meta-analyses, IVL report B1656
- Szybist, J. P., Kirby S. R., Boehman A. L. (2005) NO_x Emissions of Alternative Diesel Fuels: A Comparative Analysis of Biodiesel and FT Diesel. Energy & Fuels, 19, pp 1484-1402.

- Toptec (2000) Reducing the Environmental Impact of heavy-Duty Vehicles. Konferenshandlingar.
- Ullman, T., Webb, C., Jackson, Jr. C. & Doorlag, M. (1999). Non-road engine activity analysis and transient cycle generation. Society of Automotive Engineers, SAE Technical Paper Series No 1999-01-2800
- USEPA (1998) Control of Emissions of Air Pollution From Non-road Diesel Engines; Final Rule. US Code of Federal Regulations, Title 40, Parts 9, 86, 89. United States Environmental Protection Agency
- USEPA (2000) Regulatory Impact Analysis: Heavy-Duty Engine and Vehicle standards and Highway Diesel Fuel Sulfur Control Requirements. Report EPA420-R-00-006, Office of Transportation and Air Quality, United States Environmental Protection Agency
- USEPA (2002) A Comprehensive Analysis of Biodiesel Impacts on Exhaust Emissions. Draft Technical Report, EPA420-P-02-001. United States Environmental Protection Agency
- USEPA (2004a) Median life, annual activity, and load factor values for non-road engine emissions modeling. Report EPA420-P-04-005, NR-005c. United States Environmental Protection Agency
- USEPA (2004b) Final Regulatory Analysis: Control of Emissions from Non-road Diesel Engines. Report EPA420-R-04-007, pp 1-1568, Office of Transportation and Air Quality, United States Environmental Protection Agency
- USEPA (2004c) Control of Emissions of Air Pollution From Non-road Diesel Engines and Fuel; Final Rule. US Code of Federal Regulations, Title 40, Parts 9, 69, et al. United States Environmental Protection Agency
- USEPA (2005) Calculation of age distribution in the non-road model: growth and scrappage. Report EPA420-R-05-018, NR-007c. United States Environmental Protection Agency
- USEPA (2005b) Final draft – Diesel retrofit technology and program experience. Certification and Compliance Division, United States Environmental Protection Agency
- USEPA (2006) Large Engine (On-Highway and Non-road Compression-Ignition) Certification Data. Engine Certification Information Center at the Office of Transportation and Air Quality, United States Environmental Protection Agency
- USEPA. (2006b) Voluntary diesel retrofit program, verified products. Office of Transportation and Air Quality, United States Environmental Protection Agency
- USEPA (2006c) Voluntary diesel retrofit program, technical summary. Office of Transportation and Air Quality, United States Environmental Protection Agency
- Vägverket (2006). Miljökrav vid upphandling av entreprenader och tjänster. Gemensamma upphandlingskrav för Göteborg stad, Malmö stad, Stockholms stad och Vägverket. Publikation 2006:105.
- Wetterberg, C. (2002). EMMA Emissioner från arbetsmaskiner, delrapport 1 från SMP Svensk Maskinprovning AB, Kartläggning av antal arbetsmaskiner och deras användning. SMP Svensk Maskinprovning AB
- Wetterberg, C. Holmgren, K. Rosell, L. Johansson, L. Magnusson, R. (2003). The influence of the fuel on emissions from diesel engines in large off-road machines. Swedish Machinery Testing Institute, report PU 45850/02 and PU 40318/01

Williams, A.; McCormick, R. L.; Hayes, R. R.; Ireland, J., Fang, H. L. (2006) Effect of Biodiesel Blends on Diesel Particulate Filter Performance. SAE paper 2006-01-3280, Society of Automobile Engineers.

BILAGA A

Beräkning av totalantal maskiner samt ålderfördelningen av dessa

SMP besiktning

Markandsandel 87 %

Missade 3 %

Korrektionsfaktor = $1,03/0,87=1,18$

Bandgrävare/minigrävare samt besiktning

Summa sålda bandgrävare (>37 kW) för åren 1998 till 2003 = 2100 st

Summa besiktade bandgrävare (inkl <37 kW) för åren 1998 till 2003 = 2921 st

Korrektionsfaktor = $2100/2921 = 0,719$

Ej besiktningspliktiga

(Detta beräknas individuellt för varje maskinslag)

Summa sålda maskiner för åren 1998 till 2003 = X

Summa besiktade maskiner åren 1998 till 2003 = Y

Korrektionsfaktor = $X/Y = J$

Traktorer SCB-statistik (SCB, 2004)

Skördetröskor SCB-statistik (SCB, 2005)

Grävlastare Antal i bes. registret*1,18 för samtliga år. För vart och ett av åren 1998 till 2006 väljs den högsta siffran från antingen besiktning eller försäljning.

Bandgrävmaskin Antal i bes. registret*0,719 för samtliga år. För vart och ett av åren 1998 till 2006 väljs den högsta siffran från antingen besiktning eller försäljning.

Minigrävmaskin Antal i bes. registret * J (J = 2,96) för samtliga år. För vart och ett av åren 1998 till 2006 väljs den högsta siffran från antingen besiktning eller försäljning.

Hjulgrävmaskin Antal i bes. registret*1,18 för samtliga år. För vart och ett av åren 1998 till 2006 väljs den högsta siffran från antingen besiktning eller försäljning.

Hjullastare	<u>Antal i bes. registret * J (J = 2,19)</u> för samtliga år. För vart och ett av åren 1998 till 2006 väljs den högsta siffran från antingen besiktning eller försäljning.
Kompaktlastare	J = jättestort, därför Summa sålda kompaktlastare för åren 1998 till 2003 = 471 st Summa besiktade minigrävare för åren 1998 till 2003 = 541 st Korrektionsfaktor = 0,87 <u>Antal minigrävare i bes. Register * 0,87</u> för samtliga år. För vart och ett av åren 1998 till 2006 väljs den högsta siffran från antingen besiktning eller försäljning. Detta bygger på antagandet att åldersfördelningen för kompaktlastare kan approximeras med åldersfördelningen för minigrävare
Truck	<u>Antal teleskoptruckar i bes. registret * J (J = 17,82)</u> för samtliga år. För vart och ett av åren 1998 till 2006 väljs den högsta siffran från antingen besiktning eller försäljning. Detta bygger på antagandet att åldersfördelningen för samtliga truckar kan approximeras med åldersfördelningen för teleskoptruckar.
Övrigt	<u>Antal i bes. registret * J (J = 14,96)</u> för samtliga år. För vart och ett av åren 1998 till 2006 väljs den högsta siffran från antingen besiktning eller försäljning.
Dumper	<u>Antal i fordonsregistret,</u> För vart och ett av åren 1998 till 2006 väljs den högsta siffran från antingen besiktning eller försäljning
Mobilkran	<u>Antal i fordonsregistret, avställda fordon borträknade</u>
Skotare	Försäljningsstatistik för åren 2000 till 2006. För övriga år används en skrotningsfunktion (Lindgren, 2007) tillsammans med medelantalet sålda skotare 2000 till 2006. Antag 8 aktiva år i enlighet med Wetterberg (2002).
Skördare	Försäljningsstatistik för åren 2000 till 2006. För övriga år används en skrotningsfunktion (Lindgren, 2007) tillsammans med medelantalet sålda skotare 2000 till 2006. Antag 8 aktiva år i enlighet med Wetterberg (2002).

BILAGA B

Antal arbetsmaskiner fördelat på årsmodell och effektklass

Maskintyp	Effekt (kW)	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Traktor, jordbruk	37-75	42929	2939	3395	3276	3465	3140	2252	2619	2897	2996	1907	1103	958	730	1230	1388	1571	1482	1601	1834	1686	1261	1226	1169	1223
Traktor, jordbruk	75-130	3766	452	450	562	836	749	429	435	615	778	680	301	219	263	525	741	981	1246	940	1122	1226	1259	1258	982	705
Traktor, jordbruk	130-560	255	47	28	26	40	33	43	50	57	89	73	37	26	19	31	103	104	91	67	65	70	53	109	168	171
Traktor, samhälle	37-75	30819	1527	1617	1500	1455	1321	1081	1130	1327	1217	818	494	442	360	504	590	517	538	593	628	543	405	387	350	347
Traktor, samhälle	75-130	1176	118	125	162	210	206	98	109	140	151	142	79	53	49	85	164	192	243	191	243	219	233	207	198	137
Traktor, samhälle	130-560	127	7	3	5	8	5	3	8	9	17	14	14	2	5	10	18	21	11	13	11	10	6	20	33	33
Traktor, industri	37-75	10370	660	721	691	709	660	514	545	625	583	394	263	205	190	288	366	317	288	364	479	426	325	323	307	447
Traktor, industri	75-130	1107	119	121	128	152	151	78	78	112	128	126	53	38	27	75	94	133	129	94	139	154	146	152	207	179
Traktor, industri	130-560	187	28	17	25	26	27	45	69	63	92	77	54	24	7	12	20	30	38	22	14	18	28	32	8	82
Skördetroška	37-75	15534	1063	1229	1186	1254	1136	816	948	1048	1085	690	400	347	264	445	502	569	569	8	8	8	8	8	8	8
Skördetroška	75-130	1363	163	163	203	302	271	155	157	222	282	246	109	79	95	190	268	268	355	56	56	56	56	56	56	56
Skördetroška	130-560	14	14	9	8	12	10	13	15	18	27	22	11	8	6	10	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
Skotare	37-75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Skotare	75-130	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	12	15	20	30	49	79	118	157	217	209	211	204	202	283	230
Skotare	130-560	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	7	13	22	35	48	67	65	65	63	63	63	71
Skördare	37-75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Skördare	75-130	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	7	10	15	25	40	60	79	99	118	99	110	112	144	105
Skördare	130-560	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	7	8	12	18	30	50	75	99	161	150	125	140	142	183	133
Hjullastare	37-75	53	7	15	23	26	31	36	45	42	31	17	24	34	54	69	74	76	92	89	88	90	126	109	124	143
Hjullastare	75-130	153	21	44	66	73	89	104	129	121	88	49	68	98	154	197	214	217	263	257	252	258	362	312	355	411
Hjullastare	130-560	127	18	37	55	61	75	87	107	101	74	41	57	81	128	164	179	181	220	215	211	215	302	261	296	343
Grävlastare	37-75	35	7	9	18	15	18	21	26	27	15	6	6	8	11	12	12	9	10	10	9	9	9	9	9	11
Grävlastare	75-130	755	149	203	386	330	395	460	560	595	324	133	125	174	228	269	166	203	215	228	203	174	184	185	208	234
Grävlastare	130-560	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bandgrävmaskin	<37	65	6	9	12	56	98	166	110	213	184	107	136	252	228	231	267	329	290	382	352	341	310	311	416	595
Bandgrävmaskin	37-75	91	18	23	33	38	49	66	92	77	47	24	24	42	59	59	57	71	95	110	98	82	98	102	125	147
Bandgrävmaskin	75-130	158	31	39	57	65	85	114	160	134	82	41	42	73	103	102	100	123	165	192	170	143	170	177	217	255
Bandgrävmaskin	130-560	131	25	32	47	54	70	94	132	110	68	34	35	60	85	85	82	102	136	158	140	118	141	146	179	211
Hjulgrävmaskin	37-75	47	11	15	13	15	25	28	31	32	21	15	10	18	24	33	37	30	38	47	35	24	22	36	38	40
Hjulgrävmaskin	75-130	411	94	134	109	133	222	243	269	276	184	129	89	158	213	289	321	261	335	412	304	214	197	312	337	353
Hjulgrävmaskin	130-560	0	0	0	0	17	29	49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kompaktlastare	37-75	19	2	3	3	3	3	4	32	63	54	31	40	74	67	68	78	97	89	112	104	82	67	78	56	56
Kompaktlastare	75-130	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kompaktlastare	130-560	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dumper	37-75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dumper	75-130	4	1	0	1	2	2	3	3	3	1	1	3	3	8	4	4	7	4	4	3	3	3	3	4	4
Dumper	130-560	48	12	7	7	22	22	41	36	36	13	16	35	39	112	51	50	94	56	48	46	43	40	48	56	43
Mobilkran	37-75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mobilkran	75-130	11	2	3	4	5	7	8	10	11	7	3	8	6	3	7	8	10	10	14	16	13	8	13	13	15
Mobilkran	130-560	33	6	8	13	15	20	24	31	32	20	9	23	18	10	20	23	31	43	53	49	38	23	39	40	45
Truck	37-75	23	0	0	11	91	136	158	282	317	226	23	45	45	45	294	272	328	493	417	475	411	376	387	468	545
Truck	75-130	9	0	0	4	35	52	60	107	121	86	9	17	17	17	112	103	125	187	159	181	157	143	147	178	207
Truck	130-560	4	0	0	2	18	26	31	55	62	44	4	9	9	9	57	53	64	96	81	93	80	73	75	91	106
Övrigt	37-75	551	0	0	0	30	30	32	74	52	66	22	22	37	96	44	110	96	103	104	125	70	77	86	81	83
Övrigt	75-130	345	0	0	0	18	18	19	46	32	41	14	14	23	60	28	69	60	65	65	78	44	48	54	50	52
Övrigt	130-560	206	0	0	0	11	11	12	27	19	25	8	8	14	36	16	41	36	38	39	47	26	29	32	30	31

BILAGA C

Årlig drifttid per maskinalder för entreprenadmaskiner samt antalet observationer som medeldrifttiderna baseras på.

Ålder	Bandkrävmaskin	Dumper	Grävlastare	Hjulgrävmaskin	Hjullastare	Mingrävmaskin	Teleskoptruck	Övrigt
	Medel (tim/år)	Antal	Medel (tim/år)	Antal	Medel (tim/år)	Antal	Medel (tim/år)	Antal
1	1170	124		1033	13	109	1133	23
2	1133	264		1129	115	239	1205	43
3	1124	579	1476	1217	233	344	1133	53
4	1085	1057	1336	1138	327	411	1032	52
5	1076	1076	1599	1104	595	519	1012	54
6	1046	1137	1804	1069	670	434	965	48
7	998	742	1358	1024	691	397	834	37
8	905	619	1230	947	616	335	796	29
9	828	578	1099	909	581	278	624	16
10	829	598	1471	850	740	210	977	10
11	803	643		798	838	127	496	3
12	705	683		774	914	128	353	9
13	677	688		720	847	128	473	17
14	617	651		689	948	141	282	17
15	566	579	860	634	1023	162	507	17
16	507	455	1064	582	949	150	331	12
17	498	304		514	749	136	257	7
18	418	225	651	428	542	100		
19	371	170		378	418	79		
20	330	144		348	312	56		
21	397	123		249	248	46		
22	281	108		206	184	27		
23	241	78		235	148	13		
24	234	66		211	139	18		702
25	231	52		171	109	19		789
26	196	32		144	89	7		378
27	323	17		170	60	9		
28	238	9		110	52	6		
29				258	39			
30				62	12			
31				62	9			
32				754	9			
Totalt	827	11692	1217	754	13089	4652	892	447
					904	350	1487	1011
					9428		892	262
					1041			

BILAGA D

Kodnyckel för ”översättning” av data från försäljningsstatistik till effektklasserna 37-75 kW, 75-130 kW och 130-560 kW.

Lastkapacitet (ton)

Ramstyrda dumpprar		Tipptruckar	
20 -25,9 t	130-560	0 - 29,9 t	130-560
26 - 29,9 t	130-560	30 - 39,9 t	130-560
30 - 34,9 t	130-560	40 - 54,9 t	130-560
35 - t	130-560	55 - 74,9 t	130-560
		200 - t	>560

Lyftkapacitet (ton)

Teleskoptruck	
0 - 2,99 t	37-75
3 - 3,99 t	37-75
4 - 4,99 t	75-130
5 - t	75-130

Maskinvikt (ton)

Grävmaskiner små band		Skidsteerlastare	Asfältutläggare bandburna		
0,1 - 1,0 t	<37	1 - 1,99 t	<37	0 - 9,0 t	37-75
1,1 - 2,0 t	<37	2 - 2,99 t	37-75	9,1 - t	75-130/130-560
2,1 - 3,0 t	<37	3 - 4,99 t	37-75	Asfältutläggare hjulgående	
3,1 - 4,0 t	<37	5 - t	37-75	0 - 8,0 t	37-75
4,1 - 5,0 t	<37	Motviktstruckar		8,1 - 13,0 t	75-130
5,1 - 6,0 t	<37	0,00 - 1,19 t	37-75	13,1 - t	75-130/130-560
Grävmaskiner stora band		1,20 - 1,49 t	37-75	Självgående envälsvält	
6,1 - 8,0 t	37-75	1,50 - 1,99 t	37-75	0 - 5,0 t	37-75
8,1 - 11,0 t	37-75	2,00 - 2,49 t	37-75	5,1 - 8,0 t	37-75
11,1 - 12,0 t	37-75	2,50 - 2,99 t	37-75	8,1 - 14,0 t	75-130
12,1 - 14,0 t	37-75	3,00 - 3,49 t	37-75	14,1 - t	75-130/130-560
14,1 - 16,0 t	75-130	3,50 - 3,99 t	37-75	Statiska vältar	
16,1 - 19,0 t	75-130	4,00 - 4,99 t	37-75	Alla	75-130
19,1 - 21,0 t	75-130	5,00 - 5,99 t	75-130	Tandemvältar	
21,1 - 24,0 t	75-130	6,00 - 6,99 t	75-130	0 - 2,0 t	<37
24,1 - 28,0 t	75-130 /130-560	7,00 - 7,99 t	75-130	2,1 - 4,0 t	<37
28,1 - 33,0 t	130-560	8,00 - 8,99 t	75-130	4,1 - 8,0 t	37-75
33,1 - 40,0 t	130-560	9,00 - 9,99 t	75-130	8,1 - t	75-130
40,1 - 50,0 t	130-560	10,00 - 16,99 t	130-560	Skotare	
50,1 - 66,0 t	130-560	10,00 - 16,99 t	130-560	0 - 10 t	75-130
66,1 - 90,0 t	130-560	17,00 - 24,99 t	130-560	10 - 11 t	75-130
90,1 - 150,0 t	130-560	25,00 - t	130-560	12 - 14 t	75-130
Grävmaskiner små hjul				14 - t	130-560
0,0 - 6,0 t	<37			Skördare Gallring	
Grävmaskiner hjul				Alla	75-130/130-560
6,1 - 8,0 t	37-75			Skördare Slutavverkning	
8,1 - 11,0 t	37-75			Alla	130-560
11,1 - 13,0 t	37-75				
13,1 - 15,0 t	75-130				
15,1 - 17,0 t	75-130				
17,1 - 20,0 t	75-130				
20,1 - t	75-130				

Effekt (hk)

Grävlastare stela 2 hjul

40 - 49 hk	<37
70 - 79 hk	37-75
80 - 89 hk	37-75
90 - 99 hk	37-75
100 - hk	75-130

Bandlastare

20 - 60 hk	37-75
60 - 75 hk	37-75
75 - 105 hk	37-75
105 - 130 hk	75-130
130 - 190 hk	75-130
190 - hk	130-560

Grävlastare stela 4 hjul

60 - 69 hk	37-75
80 - 89 hk	37-75
90 - 99 hk	37-75

Bandschaktare

105 - 129 hk	75-130
130 - 159 hk	75-130
160 - 189 hk	75-130/130-560
190 - 259 hk	130-560
260 - 359 hk	130-560
360 - 519 hk	130-560

Grävlastare ramstyrda

0 - 39 hk	<37
70 - 79 hk	37-75
90 - 99 hk	37-75
100 - hk	75-130

Väghyvel

75 - 115 hk	75-130
130 - 145 hk	75-130
170 - 200 hk	130-560
200 - 250 hk	130-560
250 - hk	130-560

Grävlastare allhjulstyrda

60 - 69 hk	37-75
70 - 79 hk	37-75
90 - 99 hk	37-75
100 - hk	75-130

Hjullastare

0 - 59 hk	37-75
60 - 79 hk	37-75
80 - 99 hk	37-75
100 - 119 hk	75-130
120 - 149 hk	75-130
150 - 199 hk	75-130/130-560
200 - 249 hk	130-560
250 - 349 hk	130-560
350 - 499 hk	130-560
500 - 999 hk	130-560
1000 - hk	>560

BILAGA E

Modellen som används i denna rapport fördelar inte de resulterande utsläppen på olika näringsgrenar eller företag. Detta kan dock göras genom att applicera den fördelning mellan olika näringsgrenar som presenterats av Flodström et al. (2004) på de totala utsläppen från sektorn arbetsmaskiner. Följande näringsgrenar bedömdes vara intressanta utifrån databehovet till den nationella rapporteringen:

- Jordbruk
- Skogsbruk
- Hushåll
- Industri och anläggning
- Övriga transporter

I tabell E1 redovisas av Flodström et al. (2004) beräknad dieselförbrukning från arbetsmaskiner fördelat på de ovan angivna näringsgrenarna. Endast dieseldrivna arbetsmaskiner med en motoreffekt mellan 37 och 560 kW har inkluderats.

Tabell E1. Fördelning av bränsleförbrukning mellan olika näringsgrenar enligt Flodström et al. (2004)

Näringsgren	CRF-kod	Dieselförbrukning	
		Ton år ⁻¹	%
Jordbruk	1A4c	280 000	25
Skogsbruk	1A4c	150 000	14
Hushåll	1A4b	49 000	5
Industri och anl.	1a2f	560 000	50
Övrigt	1a3e	70 000	6

I tabell E2 redovisas den totala bränsleförbrukningen och de totala emissionsmängderna (se avsnitt ”Totala emissioner och bränsleförbrukning”) uppdelade på olika näringsgrenar i enlighet med CRF-koderna som används vid internationell rapportering.

Tabell E2. Bränsleförbrukning och emissioner år 2006 fördelat på olika näringsgrenar

Näringsgren	CRF-kod	Bränsle förbr. ton/år	CO	HC	NO _x	PM
			ton/år	ton/år	ton/år	ton/år
Jordbruk	1A4c	220 000	1 500	550	5 900	260
Skogsbruk	1A4c	120 000	810	290	3 100	140
Hushåll	1A4b	39 000	270	100	1 000	50
Industri och anl.	1a2f	440 000	3 000	1 090	12 000	520
Övrigt	1a3e	56 000	380	140	1 500	70
Totalt		880 000	6 000	2200	23 000	1 000

Estimeringen av bränsleförbrukning och emissioner från de individuella näringsgrenarna i tabell E2 är mycket osäkra (se ovan) och läsare rådes till att tolka dessa data med stor försiktighet. För att erhålla mer trovärdiga data krävs tillförlitliga data över

maskinanvändningen inom de olika näringsgrenarna och det ingick inte i denna studie att verifiera sådana data.

Utsläppsprognoser fördelade på näringsgrenar har beräknats för år 2010 och 2020 och redovisas i tabell E3, E4 och E5 (se avsnitt 0 "Utsläppsprognoser för år 2010 och 2020"). BAU – "Business as usual" beskriver utvecklingen med det successiva införandet av redan beslutade EU-lagkrav. Förutsättningen för BAU-scenariot är att ingen tillväxt sker, antal fordon, utnyttjandegraden och bränsleförbrukningen antas vara densamma som för 2006. Även effekten av en ökad utbytestakt av maskinerna på utsläppen har undersökts. Beräkningarna har gjorts utifrån antagandet att samtliga maskiner som är äldre än 15 år alternativt äldre än 10 år har skrotats.

Tabell E3. Utsläppsprognos fördelat på näringsgrenar för arbetsmaskiner år 2010 och 2020 enligt BAU-scenario

	Jordbruk 1A4c	Skogsbruk 1A4c	Hushåll 1A4b	Industri 1a2f	Övrigt 1a3e
<u>2010</u>					
CO	1 500	780	260	2 900	370
HC	460	250	80	920	120
NO _x	4 700	2 500	810	9 300	1 200
PM	210	110	40	410	50
CO ₂	700	370	120	1 400	170
<u>2020</u>					
CO	1 400	740	240	2 700	340
HC	210	110	40	420	50
NO _x	1 800	1 000	310	3 600	400
PM	70	40	10	140	20
CO ₂	700	370	120	1 400	170

Tabell E4. Utsläppsprognos fördelat på näringsgrenar för arbetsmaskiner år 2010 och 2020 utifrån antagandet att samtliga maskiner som är äldre än 15 år har skrotats

	Jordbruk 1A4c	Skogsbruk 1A4c	Hushåll 1A4b	Industri 1a2f	Övrigt 1a3e
<u>2010</u>					
CO	1 400	770	250	2 900	360
HC	410	220	70	820	100
NOx	3 800	2 000	660	7 600	900
PM	160	80	30	320	40
CO ₂	700	370	120	1 400	170
<u>2020</u>					
CO	1 400	720	240	2 700	340
HC	130	70	20	260	30
NOx	1 000	500	170	1 900	200
PM	40	20	10	70	10
CO ₂	700	370	120	1 400	170

Tabell E5. Utsläppsprognos fördelat på näringsgrenar för arbetsmaskiner år 2010 och 2020 utifrån antagandet att samtliga maskiner som är äldre än 10 år har skrotats

	Jordbruk 1A4c	Skogsbruk 1A4c	Hushåll 1A4b	Industri 1a2f	Övrigt 1a3e
<u>2010</u>					
CO	1 400	740	240	2 800	350
HC	350	190	60	690	90
NOx	2 900	1 500	500	5 700	700
PM	110	60	20	220	30
CO ₂	700	370	120	1 400	170
<u>2020</u>					
CO	1 400	720	240	2 700	340
HC	80	40	10	160	20
NOx	600	300	100	1 200	100
PM	20	10	3	30	4
CO ₂	700	370	120	1 400	170

TIDIGARE PUBLIKATIONER

Examensarbeten

- 2006:01 Bengtsson, L. & Paradis, H. Miljöeffekter av alternativa system för behandling av hushållsavfall i Santiago, Chile – en jämförelse mellan deponering och förbränning med energiutvinning.
- 2005:01 Hårsmar, D. Bättre enskilda avlopp i Sigtuna kommun – möjligheter för bebyggelse i Odensala socken.
- 2005:02 Svensson, M. Desalination and the environment: Options and considerations for brine disposal in inland and coastal locations.
- 2005:03 Jakobsson, D. Retention av tungmetaller I en anlagd våtmark: studier av Vattenparken I Enköpings kommun.
- 2005:04 Leonardsson, J. & Östensson, E. Inverkan av torrsbstanshalt och temperatur på kompostens syrabildning.
- 2005:05 Ulff, D. Miljöpåverkansbedömning vid tillverkning av etanol från cellulosabaserade råvaror: ekologisk gård självförsörjande med drivmedel.
- 2004:01 Ericsson, N. Uthållig sanitet i Peru – En förstudie i staden Picota.
- 2004:02 Ekvall, C. LCA av dricksvattendesinfektion – en jämförelse av klor och UV-ljus.
- 2004:03 Wertsberg, K. Behandling av lakvatten med kemiska oxidationsmedel för att delvis bryta ned oönskade organiska föreningar – En studie utförd vid Hovgårdens avfallsanläggning i Uppsala.
- 2004:04 Degaart, S. Humanurin till åkermark och grönytor: avsättning och organisation i Göteborgsområdet.
- 2004:05 Westlin, H. Utvärdering av ett silotorksystem för spannmål utrustat med omrörare.

Rapport – miljö, teknik och lantbruk

- 2007:01 Lindgren, M. A methodology for estimating annual fuel consumption and emissions from non-road mobile machinery – Annual emissions from the non-road mobile machinery sector in Sweden for year 2006.
- 2007:02 Lindgren, M., Hansson, P-A. & Wetterberg, C. Arbetsmaskiners bidrag till luftföroreningar i tätorter.
- 2006:01 Kjellin, J. Low-velocity flows in constructed wetlands: Physico-mathematical model and computer codes in Matlab environment.
- 2006:02 Ottosson, J., Nordin, A. & Vinnerås, B. Hygienisering av gödsel med urea och ammoniak.
- 2005:01 Jönsson, H., Vinnerås, B. & Ericsson, N. Källsorterande toaletter. Brukarnas erfarenheter, problem och lösningar.
- 2005:02 Gebresenbet, G. Effect of transporttime on cattle welfare and meat quality.

- 2005:03 de Toro, A. & Rosenqvist, H. Maskinsamverkan – tre fallstudier.
- 2005:04 Vinnerås, B. Hygienisering av klosettvattnen för säker växtnäringåterförsel till livsmedelsproduktionen.
- 2005:05 Tidåker, P. Wastewater management integrated with farming. An environmental systems analysis of the model city Surahammar.
- 2005:06 Sundberg, C. Increased aeration for improved large-scale composting of low-pH biowaste.
- 2005:07 Bernesson, S. Halm som energikälla.
- 2004:01 Bernesson, S. Life cycle assessment of rapeseed oil, rape methyl ester and ethanol as fuels – A comparison between large- and smallscale production.
- 2004:02 Elmquist, H. Decision-Making and Environmental Impacts.

Rapport – biometri

- 2004:01 Gustafsson, L. Tools for Statistical Handling of Poisson Simulation: Documentation of StocRes and ParmEst

Licentiatavhandling

- 03 Forkman, J. 2005. Coefficients of variation: an approximate F-test.
- 04 Lindholm, E-L. 2006. Energy use in Swedish forestry and its environmental impact.

Kompendium

- 2006:01 Lövgren, M. Publicering 2001-2005.
- 2005:01 Lövgren, M. Publicering 2000-2004.

Denna rapportserie som utges av Institutionen för biometri och teknik, SLU, innehåller uppsatser som anses lämpliga att publicera i denna form. Tidigare nummer redovisas på de sista sidorna och kan i mån av tillgång anskaffas från institutionen.

This series is published by Department of biometry and engineering. It contains reports or papers considered suitable for publication in this form. Earlier issues are listed on the last pages and can be obtained - if still available - upon application to the department.

DISTRIBUTION:

SLU

Institutionen för biometri och teknik

Box 7032

750 07 UPPSALA

Tel. 018-67 10 00

pdf.fil: www.bt.slu.se

SLU

Department of Biometry and Engineering

Box 7032

S-750 07 UPPSALA

SWEDEN

Phone +46 18 671000
