

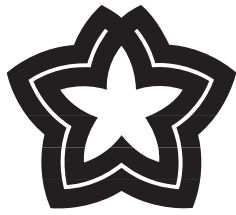
# **Tunga lastbilars koldioxidutsläpp, en kartläggning av tillståndet i Sverige.**

**Heavy duty vehicles carbondioxid emissions, a  
survey of the situation in Sweden.**

**Marie Andersson**

**2005**

**EXAMENSARBETE  
Miljöteknik  
Nr: E 3153**



HÖGSKOLAN  
Dalarna

# EXAMENSARBETE, C-nivå

## Miljöteknik

Program Miljöteknik, 120 p	Reg nr E 3153	Omfattning 10 p
Namn Marie Andersson	Datum 2005-02-09	
Handledare Per Berg	Examinator Eva Lindberg	
Företag/Institution Vägverket Borlänge	Kontaktperson vid företaget/institutionen Håkan Johansson	
Titel Tunga lastbilars koldioxidutsläpp, en kartläggning av tillståndet i Sverige		
Nyckelord Tunga lastbilar, bränsleförbrukning		

### Sammanfattning

Detta arbete syftar till att öka förståelsen för tunga lastbilar och dess utsläpp av koldioxid. Arbetet är en sammanställning av material och data från olika källor.

Det totala antalet tunga lastbilar i Sverige har inte ändrats nämnvärt de senaste 25 åren, men lastbilsflottan innehåller idag en markant större andel tyngre fordon (>24 ton) än tidigare. Godsmängderna har viktmässigt minskat och våra lastbilar används allt mer volymmässigt.

Transportarbetet med våra tunga fordon har ökat, beroende på att gods transporteras allt längre sträckor och trafikarbetet hos tunga lastbilar ökar i snabb takt. Detta har resulterat i att de tunga lastbilarnas totala dieselkonsumtion har ökat avsevärt. Koldioxidutsläpp från tunga lastbilar kan beräknas utifrån fordonens bränsleförbrukning, låg bränsleförbrukning ger låga koldioxidutsläpp. Tunga lastbilar har idag en förhållandevis låg bränsleförbrukning, avancerad teknik har med tiden förbättrat energieffektiviteten och tillverkare uppger stora förbättringar. Uppgifter från oberoende test visar dock inte på någon nämnvärd förbättring av bränsleförbrukningen under samma tidsperiod.

Något som försvårat utvecklingen av en bränslesnål dieselmotor är avgaskraven med reglerade kväveoxidutsläpp. Låga utsläpp av kväveoxider och hög verkningsgrad i motorerna motverkar varandra. Potentialen för tekniska förbättringar av bränsleförbrukning hos våra tunga fordon är begränsad, mycket har redan gjorts och ny teknik som presenteras har mindre procentuella förbättringsmöjligheter. En enkel metod att minska tunga fordons bränsleförbrukning vore att minska antalet körda kilometer, vilket kunde nås med bättre logistik och omlastning till båt och tåg.



DALARNA  
University College

# DEGREE PROJECT

## Enviromental Engineering

Programme	Reg number	Extent
Enviromental Engineering	E 3153	15 ECTS
Name of student	Year-Month-Day	
Marie Andersson	2005-02-09	
Supervisor	Examiner	
Per Berg	Eva Lindberg	
Company/Department	Supervisor at the Company/Department	
Swedish National Road Administration	Håkan Johansson	
Title		
Heavy duty vehicles carbondioxid emissions, a survey on the situation in Sweden		
Keywords		
Heavy duty vehicles, fuel consumption		

### Summary

This work is a survey of the fleet of heavy duty trucks in Sweden, their fuel consumption and emission of carbondioxid.

The total number of the heavy trucks in Sweden has not changed during the last twenty years. But the type of vehicle has changed, in 1978 we had ~ 1000 heavy trucks > 24 tons, and today we have ~ 33 000 in the same weightclass. The transportlabour of gods has increased during the last 20 years, in the same time the total weight of transported gods has decreased. The main reason for that is that gods is transported longer distances today. As a result of that we have a total increase in fuel consumption for heavy trucks.

The emission of carbondioxid from heavy trucks can be estimated through their use of fuel since 1 kg used MK 1 dieselfuel in an engine gives 2,56 kg carbondioxid emitted to the air. Test made by the manufacturer of trucks shows an decrease in fuel consumption during the last 25 years. Other independent tests can not verify that, they indicate an unchanged fuelconsumption during the same timeperiod.

The diesel engine of today is an efficient machine and it is difficult to improve the fuelconsumption further. A simple way to reduce the total emissions of carbondioxid from the trucks are to look on the logistics of transportation and the possibility to reload gods to other transportsolutions as train or boats.

## Förord

Denna rapport är ett examensarbete omfattande 10 poäng. Arbetet är utfört åt Vägverket via Högskolan Dalarna.

Jag vill i detta förord passa på att tacka de personer som varit inblandade i detta arbete. Vidare skulle jag vilja rikta ett särskilt stort tack till, Håkan Johansson Vägverket, Lena Nerhagen Högskolan Dalarna/VTI och Lars-Erik Lundgren testförare Eskilstuna.

Borlänge Januari 2005

Marie Andersson

## Ordförklaringar

**Tjänstevikt** är för lastbilar den sammanlagda vikten av fordonet i normalt, fullt driftfärdigt skick vid användning av tyngsta till fordonet hörande karosseri, verktyg och reservhjul, som hör till fordonet, bränsle, smörjolja och vatten samt föraren.

**Totalvikt** är antingen summan av fordonets tjänstevikt och den beräknade vikten av det största antal personer utom föraren och den största mängd gods som fordonet är inrättat för eller den lägre vikt som fastställdes enligt 43§ fordonskungörelsen (1972:595)

**Maximilastvikt** beräknas som skillnaden mellan fordonets totalvikt och tjänstevikt

**Cabotage** är utländska lastbilar som utför inrikes transporter i ett annat land.

**Transittrafik** är utländsk lastbilstrafik *genom* ett annat land.

**Fjärrbil** eller lastbil med släp, över 50 % av körningarna i långdistanstrafik (15 mil i en riktning)

**Lastfaktor** är den andel av den maximalt tillåtna lastkapaciteten (kg) som utnyttjas.

**Nyttolast** är det som lastats på bilen

**Transporterad sträcka** är det faktiska avståndet som godset transporteras

**Transportarbete** är produkten av nyttolast och lastens transportsträcka

**Ppm**-parts per million

# Innehåll

<b>1. INLEDNING</b> .....	<b>5</b>
1.1 BAKGRUND .....	5
1.2 MÅL .....	6
1.3 SYFTE .....	6
1.4 PROBLEMFÖRMULERING .....	6
1.5 AVGRÄNSNINGAR .....	6
1.6 METOD .....	6
<b>2. TRANSPORTARBETE MED TUNGA FORDON</b> .....	<b>7</b>
2.1 FORDONSFLOTTA .....	7
2.2 TRANSPORTERAT GODS .....	9
2.3 SLUTSATSER .....	13
<b>3. TUNGA LASTBILARS BRÄNSLEFÖRBRUKNING</b> .....	<b>14</b>
3.1 INTRODUKTION .....	14
3.2 DIESELMOTORN .....	15
3.2.1 Dieselbränsle.....	16
3.2.2 Avgaskrav .....	16
3.2.3 Kväveoxider $NO_x$ .....	19
3.3 ÖVRIGA FAKTORER SOM PÅVERKAR BRÄNSLEFÖRBRUKNING .....	20
3.3.1 underhåll och utrustning .....	20
3.3.2 Körstil.....	21
<b>4. BRÄNSLEFÖRBRUKNING, STATISTISKA UPPGIFTER FRÅN OLIKA KÄLLOR</b> .....	<b>23</b>
4.1. BRÄNSLEUPPGIFTER FRÅN SCANIA OCH VOLVO .....	23
4.2 BRÄNSLEFÖRBRUKNING BASERAT PÅ TESTFÖRAREN LARS-ERIK LUNDGREN TESTRESULTAT .....	24
4.3 SLUTSATSER, BRÄNSLEFÖRBRUKNING FRÅN VOLVO, SCANIA OCH LARS-ERIK LUNDGREN .....	26
4.4 BRÄNSLEFÖRBRUKNING BASERAD PÅ DRIFTSTATISTIK FRÅN TRE OLIKA UNDERSÖKNINGAR .....	27
4.4.1 Undersökningar från Väg- och transportforskningsinstitutet VTI och Transportforskningskommissionen TFK .....	27
4.4.2 TRANSMIT .....	28
4.4.3 Pamp-testet .....	29
<b>5. VOLVO OCH SCANIAS FRAMTIDA STRATEGIER</b> .....	<b>30</b>
<b>6. RESULTAT OCH DISKUSSION</b> .....	<b>32</b>
REFERENSFÖRTECKNING .....	34
INTERNETFÖRTECKNING .....	35
MUNTliga KONTAKTER .....	35

# 1. Inledning

## 1.1 Bakgrund

Transportsektorn avger årligen mängder av emissioner till luften, många av dem har en skadlig inverkan på omgivningen och begränsningar av dessa är nödvändigt. Den emission som kanske är viktigast att kontrollera idag är koldioxiden eftersom den bidrar till växthuseffekten. Växthuseffekten påverkar vårt klimat och är en av dagens svåraste miljöfrågor. Människans utsläpp av koldioxid och andra växthusgaser har redan påverkat klimatet, jordens medeltemperatur har ökat med 0,6°C under 1900-talet. IPCC bedömer också att temperaturen i snitt kan öka med upp till sex grader under 2000-talet. Även nederbörden har påverkats under 1900-talet, i norr har nederbörden ökat med 10-40 % och södra delen av Europa har blivit 20 % torrare ([www.Naturvardsverket.se](http://www.Naturvardsverket.se)). Även om man kunde minska utsläppen av koldioxid snabbt så kommer dagens utsläpp att påverka klimatet flera hundra år framåt. Av Sveriges totala koldioxidutsläpp bidrar vägtrafiken idag med 29 % (Johansson & Nilsson 2004).

I regeringens klimatmål finns ett etappmål för transportsektorn som säger att:

”Utsläppen av koldioxid från transportsektorn bör år 2010 ha stabiliserats på 1990 års nivå”.

Vägverket har bland annat till uppgift att bistå staten med strategier för att nå de transportpolitiska målen. För att beräkna koldioxidutsläppen från transportsektorn använder sig Vägverket bland annat av uppgifter på *bränsleförbrukning*, eftersom dessa står i en direkt relation till koldioxidutsläpp.

Vid förbränning av diesel bildas koldioxid, mängden koldioxid bestäms av halten kol i bränslet. Man beräknar att 1 liter miljöklass 1 diesel (vilken dominerar i Sverige till 98 %) ger upphov till 2,56 kg fossilt koldioxid vid förbränning. Bränsleförbrukningen är kritisk för koldioxidutsläppen så länge man inte byter till bränslen som inte ger någon nettoökning av koldioxiden i atmosfären. Även vid produktion och distribution av bränslet sker emissioner av koldioxid. Detta gäller inte bara fossila bränslen utan än så länge även icke fossila bränslen, bränsleförbrukningen är således viktig även för icke fossila bränslens koldioxidpåverkan.

Att beräkna koldioxidutsläpp från tunga fordon via bränsleförbrukning kan ge mycket bra resultat under förutsättning att man vet bränsleförbrukningen för en viss specifik transport. Men sådan statistik, där alla reella variabler som kan påverka förbrukningen finns med är inte lätt att tillgå. Det finns dock en mängd data avseende energianvändning för vägtransporter med tung lastbil. Merparten är baserad på testresultat i laboratoriemiljö. Resultat visar att förbrukningen minskat, samtidigt finns det indikationer på att utvecklingen avstannat under 90-talet. Hur det egentligen ser ut är osäkert.

I detta examensarbete har jag studerat tunga lastbilars bränsleförbrukning. I tunga lastbilar dominerar nästan uteslutande dieselmotorer och man uppskattar att 30 % av Sveriges dieselbränsle idag förbrukas av tunga lastbilar (Kågesson 2003).

## **1.2 Mål**

Undersökningen skall visa hur bruket av tunga lastbilar har förändrats i Sverige under de senaste 25 åren samt hur deras koldioxidutsläpp har förändrats under samma tid.

## **1.3 Syfte**

Syftet med detta arbete är att söka och analysera information om hur de svenskregistrerade tunga lastbilarnas bränsleförbrukning har utvecklats över tiden och vilka faktorer som påverkar den. Utifrån information om bränsleförbrukning kan man sedan se hur koldioxidutsläppen förändrats.

## **1.4 Problemformulering**

Tillgången på statistik kring den svenska tunga fordonsflottan och uppgifter på bränsleförbrukning är begränsad. Den statistik på bränsleförbrukning som idag finns tillgänglig, är till största delen baserad på labbresultat samt modellberäkningar och det är omdebatterat hur tillförlitliga dessa siffror är. Den verkliga bränsleförbrukningen som baseras på driftstatistik anses vara den mest pålitliga men också den svåraste att erhålla. Modellberäkningarna har fördelen att de kan användas för att modellera olika egenskaper i vägnät och fordon. För att de skall vara tillförlitliga måste de valideras mot förbrukning enligt driftstatistik.

När man söker utsläpp av koldioxid från tunga fordon är det viktigt att inte bara se till hur lastbilar utvecklats, utan också se till hur tillståndet i lastbilsflottans helhet ser ut.

Det finns en rad faktorer som påverkar tunga lastbilars CO<sub>2</sub>-utsläpp och ett tyngre fordon påverkas mer av olika bränslepåverkande faktorer än exempelvis en personbil, dels för att den är så mycket tyngre och dels för de varierande kombinationerna ett lastbils ekipage kan uppträda som. En tom lastbil och en fullastad sådan med släp kan variera sin totalvikt mellan 7 och 60 ton, därmed blir det omöjligt att generellt ange en bränsleförbrukning för en viss lastbilsmodell. Detta försvårar i hög grad jämförbarheten av bränsleuppgifter från tunga lastbilar.

## **1.5 Avgränsningar**

Rapporten behandlar svenska tunga lastbilar, och endast lastbilar vilka är registrerade i Bilregistret på Vägverket. Statistiken i diagrammen för transporterat gods och transportarbete är något begränsad, uppgifterna baseras på en urvalsundersökning och innehåller godsmängder transporterade av lastbilar med en maximilastvikt från 2 ton till och med 1990 och lastbilar med en maximilastvikt från 3,5 ton från och med 1991 och framåt. Endast inrikes transporter behandlas och inrikes delen av en utrikestransport är inte inkluderad. Några alternativa drivmedel diskuteras ej. Trafiken med utländska tunga fordon i Sverige har ökat men det är ingenting som diskuteras i denna rapport.

## **1.6 Metod**

Jag har i första hand arbetat med litteraturstudier och fallstudier som sammanställts och analyserats. Materialet jämförs och diskuteras för att nå resultat. Arbetet har en betoning på bränsleförbrukning hos tunga lastbilar, detta för att få en bild av hur koldioxidutsläppen från de tunga lastbilarna ser ut idag och hur de förändrats över tiden. Även bränslepåverkande faktorer diskuteras.

## 2. Transportarbete med tunga fordon

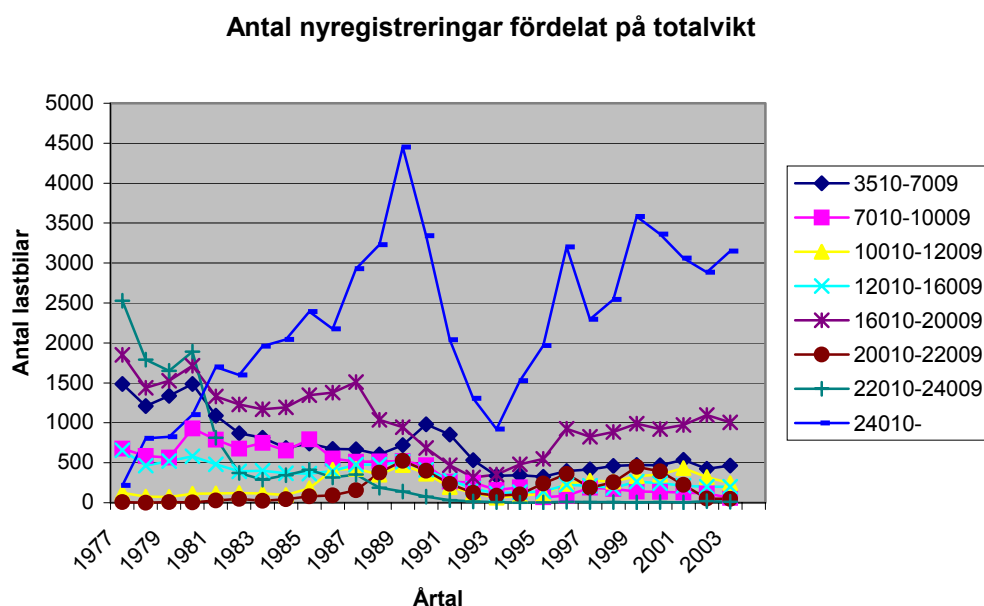
Med ”tung lastbil” menas ett fordon som har en totalvikt vilken överstiger 3,5 ton. I Sverige och Finland tillåts tunga lastbilar ha en totalvikt på max 60 ton och den totala längden får inte överstiga 25,25 meter. Inom övriga EU tillåts tunga lastbilar vara högst 18,75 meter och ha en totalvikt på max 40 ton.

I detta kapitel sammanställs statistik om den svenska tunga fordonsflottan. Även gods och transportarbete behandlas. Med transportarbete, som mäts i tonkilometer (tonkm) menar man produkten av antal ton last ( $m$ ) och det antal kilometer som lasten transporteras ( $x$ ). Inget transportarbete utförs alltså om en lastbil färdas en viss sträcka tom (utan last). Det totala antalet tonkilometer under en viss tidsperiod fås genom att summera alla  $N$  stycken transportarbeten under perioden.

$$\sum_{i=1}^N m_i x_i$$

### 2.1 Fordonsflotta

Om man tittar på den svenska flottan har totala antalet tunga lastbilar i trafik inte förändrats i någon större utsträckning, 1975 fanns ca 79 300 tunga lastbilar i trafik och idag finns ca 80 500 stycken (SIKA 2003). En strukturförändring mot större fordon med högre tillåten totalvikt kan däremot ses. 1978 fanns strax över 1000 lastbilar med en totalvikt över 24 ton i trafik, idag finns närmare 33 000 (Bilsweden). Svenska lagen om tillåten totalvikt och längd har med tiden ändrats, år 1990 höjdes den tillåtna totalvikten på 51,4 ton till 56 ton och 1993 höjdes åter den tillåtna totalvikten till dagens tillåtna 60 ton. I nedanstående diagram finns en viktmässig fördelning av nyregistrerade fordon över tiden, där kan man tydligt se trenden mot allt tyngre fordon. Den kraftiga nedgången av nyregistreringar i början av 1990-talet kan förklaras av den då rådande lågkonjunkturen.

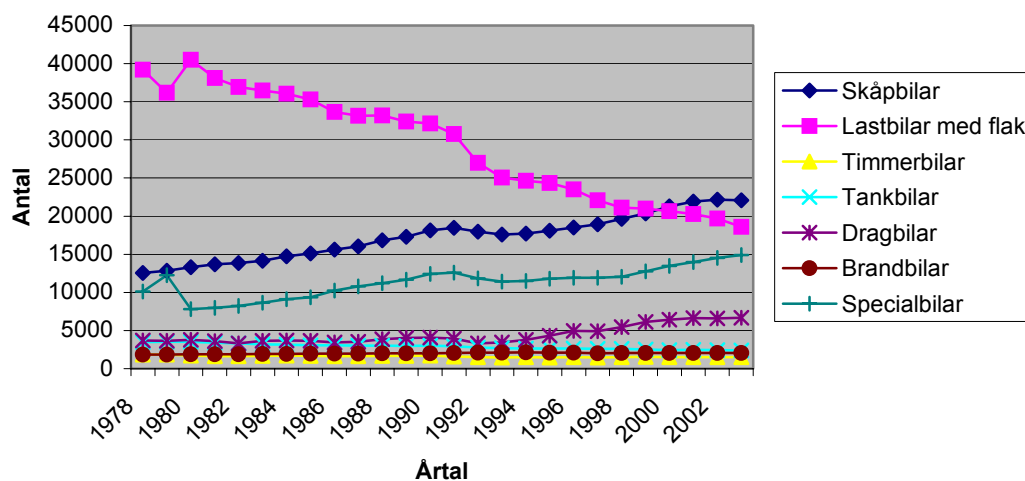


Figur 2.1 Antal nyregistrerade tunga lastbilar över tiden

Källa: Bilismen i Sverige



## Antal lastbilar fördelat på karosseri och år



Figur 2.2 Antal lastbilar med en maximilastvikt från 2 ton och mer, i trafik, fördelat på karosseri och tid.

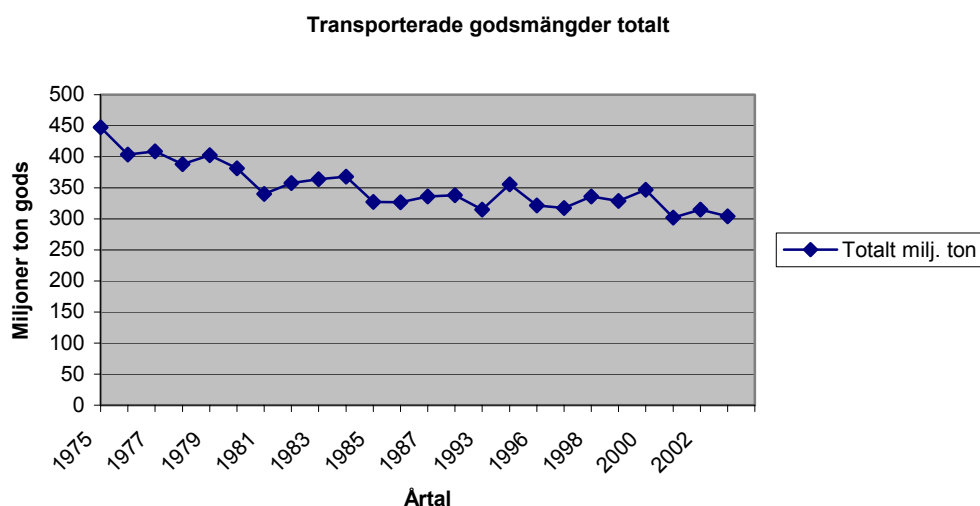
Källa: Bilismen i Sverige

Den påtagligt minskade andelen flakbilar som ses i ovanstående diagram beror främst på att just flakbilar genom åren allt mer används kombinerat med släp vilket gör att vi inte behöver lika stort antal bilar. Flakbilar används också flitigt inom byggsektorn och lågkonjunktur i byggnadssektorn resulterar i minskat behov av transporter. Man kan också utläsa från figur 2.2 att skåpbilar, dragbilar och specialbilar är de som antalsmässigt ökat över åren medan tankbilar, brandbilar och timmerbilar legat på en relativt konstant nivå.

Sveriges lastbilsflotta kan sägas vara en spegelbild av samhället. Många aktiviteter kräver väl fungerande vägtransporter. Efterfrågan på godstransporter beror i stort sett på efterfrågan av varor och tjänster i samhället. Faktorer som i sin tur påverkar det, kan vara ekonomisk tillväxt, geografiska och infrastrukturella faktorer. Idag kan man säga att industrins lager till stor del ligger på lastbilen och transporten blir en allt större och viktigare del av logistiken.

## 2.2 Transporterat gods

När man tittar på transporterat gods skulle man kunna anta att det ökat med tiden eftersom skillnaden i antalet lastbilar är liten samtidigt som andelen större och tyngre lastbilar ökat markant. Men, det råder ett motsatt förhållande och godsmängderna har med åren viktmissigt istället minskat. I figur 2.3 kan man se hur godsmängderna förändrats sedan 1975. År 1975 transporterades 447,3 miljoner ton gods och motsvarande siffra år 2003 är 304,3 miljoner ton.

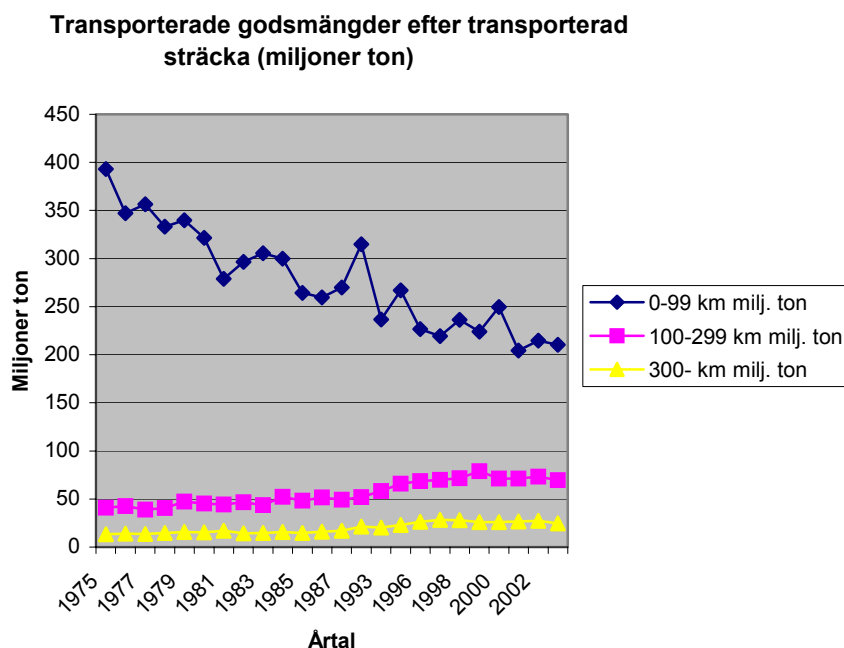


Figur 2.3 Antal miljoner ton transporterat gods över tiden

Källa: SIKA, SCB

Om man ser till förändringen av hur lång sträcka gods transporteras kan man enligt figur 2.4 se att hela andelen minskade godsmängder kan hänföras till de kortare transportsträckorna under 10 mil. För de två längre transportsträckorna i diagrammet kan man istället se att godsmängderna ökat. Ett resultat som visar att man kör allt mer gods allt längre sträckor. Att godset på de kortare transportsträckorna minskat går dock till stor del att hänföra till byggbranschens nedgång, godstransporter påverkas märkbart av byggbranschens konjunktur och schaktmassor (grus, sten, sand och jord) domineras av korta sträckor, 95 % av schaktmassorna hade under 2003 en transportsträcka under 5 mil. Schaktmassor har viktmissigt halverats sedan 1990, men tillhör trots det viktmissigt fortfarande den största godskategorin med 72 miljoner ton transporterat gods under 2003 (SIKA 1990, 2003). Rundvirke har viktmissigt ökat och år 2003 var transporterad vikt ca 45 miljoner ton, motsvarande siffra 1980 var ca 31 miljoner ton.

Lastbilstransporterna domineras alltså viktmissigt av schaktmassor. Men sett i transportarbete, där alltså transportsträcka också vägs in (tonkm) tillhör styckegods, rundvirke och livsmedel de största godskategorierna (SIKA 2004).



Figur 2.4 Transporterat gods, miljoner ton, över tiden

Källa: SIKA, SCB

Att alltmer gods transporteras längre sträckor beror bland annat på att marknaden globaliserats och tillverkning centraliseras allt mer och sker i storskalig produktion. Kostnader för transporter är idag låga och de ekonomiska fördelarna med att centralisera produktionen är ofta mycket större än själva transportkostnaden.

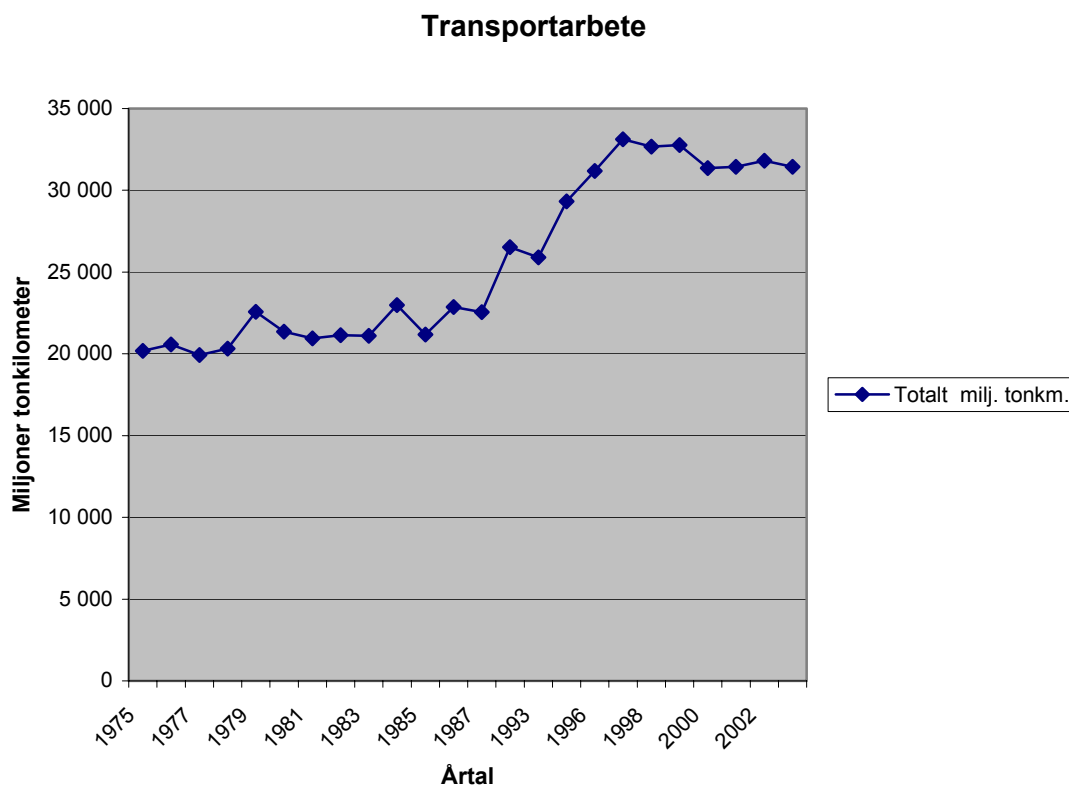
Livsmedel och styckegods hör till varor med längre transportsträcka, genomsnittlig transportlängd för styckegods, vilken har den allra längsta genomsnittliga transportsträckan uppgick år 2001 till 238 km. Även rundvirke körs längre sträckor om än inte så långa som livsmedel och styckegods. 85 % av rundvirkestransporterna ligger i intervallet 5–30 mil (SIKA 2003).

Av transporterat gods blir andelen förädlad gods allt större, förädlad gods genererar mer emballage för att minimera risker av skador på godset. Enligt terminalchefen Daniel Isacson på DHL i Borlänge kan man som tumregel räkna med en brytpunkt på 900 kg gods/löpmeter flak, för att inte riskera skador på godset. Ett vanligt använt ekipage för styckegods är vårt största tillåtna flakbils ekipage med en tillåten totalvikt på 60 ton. Ekipaget har en lastbredd på flaket på 2,40 meter och en total lastlängd på ca 19 meter (12 meter på släp och 7 meter på bilen). Med 900 kg/löpmeter flak blir lasten 17,1 ton tungt, och man utnyttjar därmed endast en ringa del av ekipagets totala lastkapacitet (viktmässigt).

För att höja den volymmässiga kapaciteten, vilket blivit allt viktigare med det allt mer högvärdiga ”lättare” godset, finns möjligheter i vissa lastbilar att höja upp ett extra golv och lasta i två plan, för att bättre kunna nyttja hela höjden. Detta är något som bland annat ICA uppmärksammat och nyttjar i allt större grad. ICA:s gods begränsas främst volymmässigt i lastutrymmet och det är sällan att de utnyttjar hela viktkapaciteten (Joakim Andersson, personlig kontakt).

Godsmängderna har alltså viktmässigt minskat med tiden men godset transporteras allt längre sträckor, summan av detta visar på ett totalt ökat godstransportarbete. 1975 var siffran 20 190 miljoner tonkilometer (SIKA 1990) och 2003 var siffran 31 432 miljoner tonkilometer, se figur 2.5 (SIKA 2003). Enligt figur 2.5 kan man också se att den uppåtgående trenden i slutet av nittiotalet avtar och kanske kan det bero på att det utländska transportarbetet i Sverige har ökat sedan Sveriges inträde i EU.

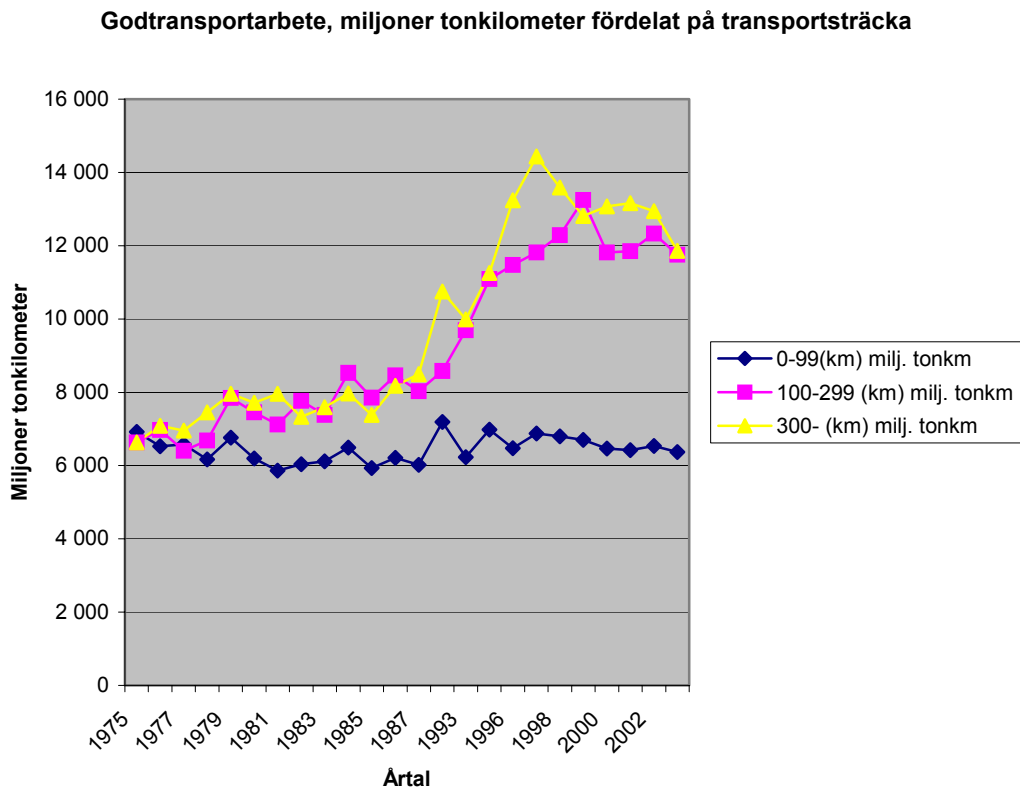
Det svenska transportarbetet förväntas dock öka ytterligare i framtiden. Enligt en prognos utförd av SIKA beräknas det svenska godstransportarbetet med tunga lastbilar öka med 43 % mellan 2002 och 2020 (SIKA 2004).



Figur 2.5 Totalt transportarbete, miljoner tonkilometer, över tiden  
Källa: SIKA, SCB

Transportarbetet i ovanstående diagram är beräknat utifrån *enskilda* körningar, där godsmängden är multiplicerad med antalet körda kilometer. Detta innebär att man inte kan härleda tonkilometer utifrån ett aggregat av resultat på godsmängder och trafikarbeten, summa körda kilometer multiplicerat med summa godsmängder blir alltså inte summa tonkilometer ([www.scb.se](http://www.scb.se)).

I figur 2.6 ser man att transportarbetet i intervallet med de kortare körsträckorna (under 10 mil) legat på en relativt konstant nivå. Detta tyder på att det totala trafikarbetet ökat inom det kortare intervallet av transportsträcka, då det tidigare i rapporten (figur 2.4) konstaterades att hela den viktmissiga minskningen av gods under samma tidsperiod återfinns i samma intervall av transportsträcka.



Figur 2.6 Transportarbetets förändring över tiden  
Källa: SIKÅ, SCB

Tunga lastbilars trafikarbete (antal körda kilometer) har, som man kan förstå från ovanstående resultat ökat. Mellan 60- och 80-talet låg trafikarbetet runt 4 miljarder fordonskilometer för att därefter öka till 6 miljarder (Johansson & Nilsson 2004). Man nyttjar också fordonen tidsmässigt mer idag än tidigare, med skiftarbete kan bilarna användas många timmar av dygnet. De lättare bilarna har dessutom ansetts för dyra i förhållande till sin lastkapacitet.

Av transportarbetet genomfördes 1998 42 % i intervallet för transportsträcka längre 300 km samtidigt som endast 8 % av godset (ton) låg i samma intervall för transportsträcka, vilket pekar på trenden med allt längre transportsträckor av gods (SIKÅ 1998).

Tomkörningsandelen (den del av körsträckan då lastbilen ej utför ett transportarbete utan körs olastad) för inrikes trafik med avseende på körda kilometer har med åren förbättrats, 1985 var andelen tomkörningar i genomsnitt ca 30 % och 2003 var motsvarande siffra 24 %. Tomkörningsandelen varierar förstås mellan olika varukategorier och under 2003 hade styckegods en tomkörningsandel på 7 % medan rundvirkestransporter hade en tomkörningsandel på 46 % (SIKÅ 2003, 1990).

## 2.3 Slutsatser

En förklaring till flottans allt större innehåll av tyngre fordon kan vara att mycket gods har ändrat karaktär och blivit alltmer förädlat volymgods. Stor volym kräver stort utrymme, vilket finns i våra största lastbilar. När bilens lastkapacitet begränsas volymmässigt krävs förstås fler större lastbilar för att transportera samma viktmässiga last.

Samtidigt som godsmängderna minskat med tiden har det totala transportarbetet visat en uppåtgående trend, vilket betyder ett ökat trafikarbete. Undersökningar visar att man ökat det årliga trafikarbetet hos tunga lastbilar med två miljarder kilometer under de senaste 25 åren.

Trafikarbetet har alltså ökat och gods transporteras allt längre sträckor. Med längre körsträckor tar transporten också längre tid och lastbilen blir då otillgänglig för andra transporter.

Den tidigare nämnda strukturförändringen av lastbilsflottan påverkar bränsleförbrukningen på olika vis, sträckspecifik förbrukning (l/km) ökar med en ökad totalvikt, medan transportspecifik förbrukning (l/tonkm) kan minskas. Det senare påståendet kan förklaras med att ett lastbilskeppage är som mest energieffektivt då det är lastat med maximal tillåten totalvikt. Marginalförbrukningen per extra ton är liten i förhållande till bränsleförbrukningen för att köra ett tomt ekipage, eftersom man har stora förluster i motor och transmission.

Den tillåtna längden av ekipage på 25,25 meter och tillåtna totalvikt på 60 ton anses gynna ekonomin, både räknat i pengar och miljö. I Sverige och Finland kan man transportera samma mängd gods (viktmässigt) med två ekipage istället för tre, vilket skulle krävas inom övriga EU. Ett vanligt förekommande 60-tons ekipage kan lasta 40 ton gods och ett vanligt 40-tons ekipage lastar 26 ton. Teoretiskt skulle man spara pengar på både bränsle, inköp av fordon och lönekostnader. När man spar bränsle spar man samtidigt på koldioxidutsläpp och därmed på miljön. Ekipagen med de två större bilarna får dessutom en totalt kortare lastlängd, vilket genererar mindre trängsel efter vägarna. Sverige och Finland har som tidigare nämndes redan systemet och Danmark, Norge och Holland står på tur.

Den viktmässiga lastfaktorn för en enskild transport är alltså av betydelse för bränsleförbrukningen, och en hög viktmässig fyllnadsgrad gynnar den transportspecifika förbrukningen.

Enligt statistiken är idag lastutnyttjandet mycket högre volymmässigt än viktmässigt, vilket också antas tidigare i rapporten. En undersökning visade att 1998 uppgick nyttjandegraden viktmässigt till 59,5 % och volymmässigt till 81,0 %. Nyttjandegraden varierar dock kraftigt mellan olika varukategorier ([www.vv.se](http://www.vv.se)).

Allt fler åkerier ansluter sig till transportcentraler som sköter avtal och trafikledning, transportcentralerna i sin tur blir färre och större. Sedan 1970 har antalet transportcentraler minskat från 300 till ca 150 stycken (SCB 2001). Samarbete mellan kund och transportör är viktigt för att kunna samordna och optimera transporter bättre. Skogstransporter som jobbar över stora geografiska områden har idag påbörjat ett större projekt vilket tros kan få betydelse för hela transportsektorn (Kjell Johansson, personlig kontakt).

### 3. Tunga lastbilars bränsleförbrukning

I detta kapitel finns de viktigaste faktorerna som påverkar ett fordon's bränsleförbrukning sammanställda. Kapitlet innehåller också en kort beskrivning av hur dieselmotorn fungerar. Även de olika avgaskraven för de tunga lastbilarnas motorer behandlas, och den för bränsleförbrukningen problematiska kväveoxiden får ett särskilt avsnitt.

#### 3.1 Introduktion

Utöver motorteknik och typ av bränsle kan förbrukningen av bränsle huvudsakligen förklaras av fyra fysikaliska komponenter: Rullmotstånd, luftmotstånd, accelerationsmotstånd och lutningsmotstånd. Dessa fyra komponenter brukar sammantaget benämnas färdmotstånd och betecknas  $F$ .

Färdmotståndet är den kraft som ett fordon måste övervinna för att röra sig framåt. När ett fordon kör en viss sträcka med ett visst färdmotstånd uträttar motorn ett arbete  $W$ , och detta kostar bränsle. Hur mycket bränsle som förbrukas avgörs av en mängd olika parametrar, vilka kan nämnas i en nästan oändligt lång lista, varför jag i rapporten endast nämner några av de viktigare.

Luftmotståndet hos alla lastbilar ökar med ökad hastighet, men har med förbättrad utformning av karosseri samt utrustning såsom vindsköldar och vindriktare kunna minskats genom åren.

Rullmotståndet ökar också med hastigheten, och är dessutom proportionellt mot fordonets vikt. Den största delen av rullmotståndet uppkommer mellan däck och underlag, och påverkas i stor utsträckning av vägens kvalité. Rullmotståndet kan också påverkas av olika modeller av däck och dess lufttryck. Vid körning på en relativt plan motorväg är luftmotståndet den dominerande faktorn hos personbilar medan rullmotståndet är den viktigaste för tunga lastbilar. Den energi som åtgår för att övervinna rullmotstånd och luftmotstånd går förlorad i form av värmeenergi. Rullmotståndet har enligt Scania kunna minskats med 35 % sedan 1970 och motsvarande siffra för luftmotstånd är 40 % (Greger Juhlin, personlig kontakt).

Vid körning i tätort är det oftast accelerationsmotståndet som förbrukar den största delen av bränslet. Mycket energi bromsas bort vid retardation och går förlorad i form av värme, även om den mesta energin övergår till rörelseenergi. Dock har elektriska system utvecklats för att kunna ta tillvara på en del av den annars förlorade värmeenergin.

Stigningsmotståndet påverkar fordonet redan vid små lutningar speciellt hos riktigt tunga lastbilar. Energin som används till att övervinna stigningsmotstånd övergår till lägesenergi.

Dessa fyra element tillsammans med motor och typ av bränsle bestämmer hur mycket dieselbränsle en tung lastbil förbrukar. De påverkar därmed i allra största grad tillverkarnas utformning av lastbilsfordonen.

Färdmotståndets komponenter påverkas vid enskild transport av olika faktorer. Dessa påverkande faktorer försvårar möjligheten att dra slutsatser om bränsleförbrukning baserade på empiriska data då de varierar kraftigt. Nedan visas färdmotståndets viktigaste faktorer som en funktion.

$$F = f(m, t, k, l, v, u, fk, d, fu, s)$$

$m$ =medelhastighet

$t$ =topografin, vägens lutning

$k$ =vägens kvalitet

$l$ =lastfaktor

$v$ =väderförhållanden

$u$ =underhåll av fordonet

$fk$ =förarens körsätt

$d$ =dieselmotorns egenskaper

$fu$ =fordonets utformning

$s$ =antal start och stopp

$$W = \int_0^s f(m, t, k, l, v, u, fk, d, fu, s) \cdot dx$$

### 3.2 Dieselmotorn

Många besparingar av bränsle baseras på rena motorförbättrande åtgärder och enligt Scania har motorutvecklingen minskat bränsleförbrukningen med 10 % per tonkm sedan 1970 (Greger Juhlin, personlig kontakt), men sedan början av 1990 talet då emissionskraven infördes har bränslebesparande motorutveckling begränsats (vilket förklaras senare i rapporten) och tillverkarna har fått satsa allt hårdare på övrig bränslebesparande utveckling.

Dieselmotorn är idag mycket avancerad, dieselmotorer för tunga fordon har kontinuerligt förbättrats och blivit allt mer effektiva, bränsleförbrukningen har minskat, motoreffekterna har ökat genom åren och utsläppen från motorerna blir allt renare. Hos tunga dieselmotorer har utvecklingen gått fort framåt, mycket har hänt och man kan därmed anta att den framtida utvecklingen blir något långsammare. Ett ekipage på 60 ton förbrukar idag uppskattningsvis runt 45-65 liter bränsle per 100 km.

Dieselmotorn utvecklades under 1890-talet och är en förbränningsmotor med kompressionständning. Det höga kompressionsförhållandet i dieselmotorn, och det höga trycket med vilket bränslet tillförs medverkar till att temperaturen överstiger dieselbränslets antändningstemperatur och bränslet självantänder.

En av de viktigaste händelserna i dieselmotorns utveckling kom redan runt 1950 då direktinsprutningen introducerades, man minskade då bränsleförbrukningen med hela 15-21 % (Ahlvik 1998). Insprutningstekniken har sedan kontinuerligt förfinats och sker idag stegvis med en nästan homogen blandning av luft och bränsle, vilket ger en hög förbränningsgrad. Turbotekniken började utnyttjas på 60-talet och har likaså varit en viktig händelse i motorutvecklingen. Med turbotekniken utnyttjar man en del av energin i avgaserna för att höja fyllnadsgraden eller mängden tillförd luft till motorn.

Bränsleblandningen hos dieselbilar är mycket mager, motorn arbetar med ett luftöverskott vilket har betydelse för verkningsgraden.



Ytterligare förbättringar har åstadkommit med intercooler (laddluftkylare), turbocompound och liknande kompressortekniker som höjer effekten med bibehållen bränsleförbrukning, elektroniskt styrd insprutning, common railteknik (högtrycksinsprutning) vilken finfördelar bränslet i förbränningsrummet och ger en än mer fullständig förbränning.

Motoreffekten är produkten av motorns varvtal och vridmoment (Ekström & Sjödin 2003). Motoreffekt och cylindervolym hos motorerna har ökat med åren och det diskuteras om inte dagens lastbilar har överdimensionerande motorer. Statistiskt sett ökar sträckspecifik förbrukning (l/km) med ökad motorstorlek medan transportspecifik förbrukning (l/tonkm) kan minskas. Motoreffekten är inte lika lätt att dra sådana slutsatser om, en stor motor med hög effekt anses endast vara nödvändig vid maxlastade större ekipage (60 ton). Medan en något mindre motor, med samma höga effekt som den större motorn anses ekonomisk både maxlastad och med mindre last. Men det finns också en annan ekonomisk aspekt, med en stor motor blir slitaget hos ett tungt fordon mindre, nyare 60-tons ekipage kan ibland behöva nyttjas 24 timmar om dygnet för att betala sig. Timmerbilar som går på dåliga vägar i en ibland besvärlig terräng kräver också mera från motorn. En bil med hög effekt har ofta också ett högre andrahandsvärde.

### 3.2.1 Dieselbränsle

Dieselolja innehåller till största delen olika kolväten, vilka reagerar med syre vid förbränning och i huvudsak bildar koldioxid och vatten. Dock bildas även många andra ämnen i dieselmotorn till följd av kemiska reaktioner och ofullständig förbränning. Dieselbränslet innehåller dessutom olika tillsatser och föroreningar.

Diesel som fordonsbränsle har ett högre energivärde än bensin, men innehåller högre halter av svavel och aromatiska kolväten, även innehållet av kol är något högre än i bensin (8,5% högre i miljöklass 1-diesel (Kågesson 2002).

Sverige var första landet med att 1991 införa miljöklassad diesel, MK1-diesel, vilken idag helt dominerar svensk marknad. MK1-diesel har en mycket låg svavelnivå, max 10 ppm. EU bestämmelser säger dock att ingen diesel efter år 2009 får innehålla en svavelhalt överstigande 10 ppm. Vissa övergångsbestämmelser kommer dock att träda ikraft redan år 2005. Ett skäl till dessa bestämmelser är att NO<sub>x</sub>-katalysator och partikelfilter drabbas av syraangrepp om inte bränslets svavelhalt understiger 10 ppm. I MK1-diesel är förutom svavelhalten också halten av aromatiska och polyaromatiska kolväten reglerade. Det finns dock en nackdel med MK1-diesel, energiinnehållet är något lägre än i standarddiesel och det medför en förhöjd bränsleförbrukning med ca 3 % (SCB 2001).

### 3.2.2 Avgaskrav

Transporter ger upphov diffusa utsläpp av emissioner och blir jämförande med stationära punktsläpp svårare att reglera. Emissioner från fordon påverkas till stor del av bränsleförbrukning och bränslekvalité, förbränningsteknik och avgasrening. För tunga dieselfordon är det främst utsläppen av kväveoxider, partiklar och koldioxid som ger problem. Den tunga lastbilsflottan bidrar med 40 % av vägtrafikens utsläpp av kväveoxider och partiklar och med 23 % av vägtrafikens utsläpp av koldioxid ([www.Naturvardsverket.se](http://www.Naturvardsverket.se)).

Inom EU finns lagstadgade utsläppskrav för dieselmotorer och dess emissioner, de utsläpp som regleras är kolmonoxid, kolväten, partiklar och kväveoxider. Utsläpp av koldioxid regleras inte av lagen. Lagkraven har skärpts successivt, senast 2000 skärptes kraven och år 2005 kommer nästa kravnivå att träda i kraft (se tabell 3.1 & 3.2). Dagens lagkrav på emissioner från tunga lastbilar utgår ifrån en certifiering av motorn, där emissionerna mäts i enheten gram/kWh. Dock certifieras endast nya motorer och inga kontroller på motorer som har brukats en viss tid finns. Certifieringsproven för tunga lastbilmotorer genomförs i provbänk enligt vissa certifieringscykler. För att kunna köra en motor i provbänk krävs att motorn får insignaler motsvarande de signaler som gäller för motorn när den är monterad i en lastbil. För att kunna simulera en normal körsituation krävs assistans av motortillverkaren under provet, och det diskuteras i vilken utsträckning denna simulering motsvarar faktiska driftförhållanden. Många tillverkare lanserar motorer som klarar kraven långt innan de träder ikraft de kan då få ett så kallat typgodkännande på motorn, som visar att motorn klarar kommande emissionskrav.

Kraven för emissionsutsläppen är klassade i olika steg, Euronivåer, och varje Euronivå har vissa maxvärden för de utsläppsreglerade emissionerna. Första euronivån, Euro I, kom 1993 och idag står vi inför de kommande EURO IV-kraven vilka träder ikraft 1 oktober 2005. Utsläppen mäts i standardiserade provmetoder och fram till EURO III användes en steady-state testcykel kallad ECE R49, vilken baseras på 13 fasta driftspunkter med ett visst varvtals- och effektvärde som skall täcka det typiska driftsområdet för dieselmotorer. Koncentrationen av de gasformiga föroreningarna mäts i samtliga punkter liksom avgasflödet och effekten. De uppmätta värdena viktas sedan till ett samlat värde (g/kWh), vilket representerar emissionerna från just den motorn.

Idag finns två nyare provmetoder, en som är utvecklad från ECE-R49 men heter ESC (European Stationary Cycle) och den, likt ECE-R49 innehåller 13 driftspunkter med ett tillägg av tre extra provningspunkter för NO<sub>x</sub>. De tre tilläggs punkterna för NO<sub>x</sub> skall bestämmas med hjälp av stickprov. Man kompletterar också ESC med en mätning av röktätheten vid variabel belastningsökning ELR-test (European Load Response Unit).

Den andra nyare provmetoden heter ETC (European Transient Cycle). ETC är framtagen med hjälp av uppmätta körmonster och innehåller tre delar. Den första delen representerar stadskörning, den andra landsvägskörning och den tredje körning på motorväg. Provingen enligt ETC sker under kontinuerligt varierande belastning och motorvarvtal. Denna provmetod efterliknar mer reella körmonster. NO<sub>x</sub>-kraven är för ETC samma som i ESC men något högre partikelemissioner tillåts i ETC.

Som bränsle används vid certifieringarna ett referensbränsle, motsvarande europeiskt standarddiesel (MK 3) [Volvo].

Tabell 3.1 Emissioners gränsvärden vid ECE-, ESC- och ELR-cyklerna.  
Källa: Scania

<b>Gränsvärden vid prov med ECE-, ESC- och ELR-cyklerna</b>					
Euronivå	Massa av kolmonoxid (CO) g/kWh	Massa av kolväten (HC) g/kWh	Massa av kväveoxider (NO <sub>x</sub> ) g/kWh	Massa av Partiklar (PT) g/kWh	Rök m <sup>-1</sup>
Euro I (1993)	4,50	1,10	8,00	0,36	-
Euro II (1996)	4,00	1,10	7,00	0,15	-
Euro III (2000)	2,10	0,66	5,00	0,10	0,80
Euro IV (2005)	1,50	0,46	3,50	0,02	0,50
Euro V (2008)	1,50	0,46	2,00	0,02	0,50

Tabell 3.2 Emissioners gränsvärden vid ETC-prov.  
Källa: Scania

<b>Gränsvärden vid ETC-prov</b>					
Euronivå	Massa av kolmonoxid (CO) g/kWh	Massa av kolväten (HC) g/kWh	Massa av kväveoxider (NO <sub>x</sub> ) g/kWh	Massa av Partiklar (PT) g/kWh	Rök m <sup>-1</sup>
Euro III (2000)	2,10	0,66	5,00	0,10	0,80
Euro IV (2005)	1,50	0,46	3,50	0,02	0,50
Euro V (2008)	1,50	0,46	2,00	0,02	0,50

Från och med införandet av Euro IV kommer det att bli obligatoriskt med OBD (onboard diagnostic system), vilket fungerar som en typ av övervakning som upplyser föraren om när utrustning för avgasrening inte fungerar eller har nedsatt funktion.

I USA finns även efterlevnadskrav från tillverkarna för emissioner från tunga fordon vilket minimerar risken för diskrepans mellan emissioner uppmätta i certifieringstest och de som förekommer i verklig trafik. Liknande regler kommer även att införas inom EU. Man skall då i princip kunna plocka ett fordon via stickprov i trafik och kontrollera med hjälp av portabel utrustning att avgaserna från fordonet håller sig under begränsningarna. Det finns dock några problem för att kunna utföra efterlevnadskontroller, fordonets konstruktion måste beaktas såväl som hur väl underhållet fordonet är och faktorer som otillåtna ingrepp, till exempel chiptrimning. Slut användare av tunga fordon manipulerar ibland motorns elektroniska styrsystem för att optimera effektuttag. Man får då ett fordon vars emissionsegenskaper blir helt okända.

Under år 2005-2006 kommer hållbarhetskrav att införas som intygar att ett certifierat eller typgodkänt fordons utsläppsbegränsande komponenter förblir funktionsdugliga under hela fordonets normala livslängd. Något som också diskuteras är en världsharmoniserad testcykel.

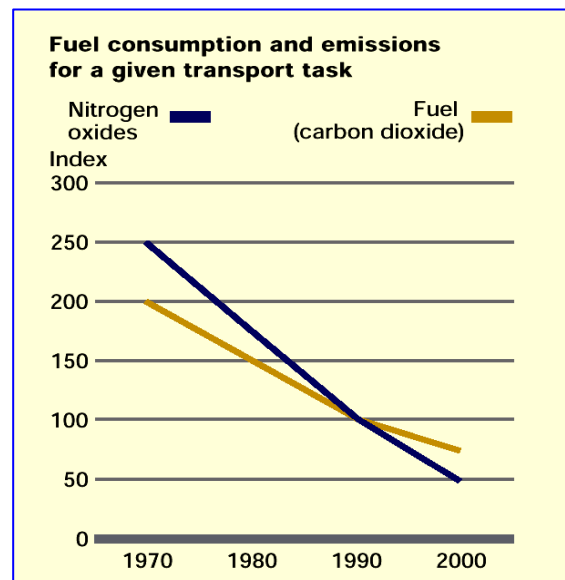
### 3.2.3 Kväveoxider NO<sub>x</sub>

NO<sub>x</sub> har ett motsatsförhållande till låg bränsleförbrukning och därmed också till låga koldioxidutsläpp. NO<sub>x</sub>-bildningen gynnas av höga förbränningstemperaturer och ju högre verkningsgrad som uppnås, desto högre NO<sub>x</sub>-emissioner genereras.

Röster från åkerier och lastbilsverkstäder säger sig se en klar ökning av bränsleförbrukningen med ökad Euroklass, miljöcertifierade åkerier tar till och med upp ökningen som avvikelser vid revisioner (Kjell Johansson, personlig kontakt).

En dieselmotor genererar betydligt större utsläpp av kväveoxider än en bensinmotor. NO<sub>x</sub> bildas dels genom reaktion mellan förbränningsluftens syre och kväve, dels genom oxidation av det kväve som finns i bränslet.

I figur 3.1 kan man överskådligt se förhållandet mellan NO<sub>x</sub> och CO<sub>2</sub> och förändringen över tiden. Man ser klart hur NO<sub>x</sub> minskat kontinuerligt liksom bränsleförbrukningen och CO<sub>2</sub> med den. Men man kan också se hur de båda linjerna i början av nittiotalet då emissionskraven infördes bryter sin linjära bana och de båda emissionerna minskas i mindre utsträckning.



Figur 3.1 Förändring av NO<sub>x</sub> och CO<sub>2</sub>.  
Källa: Scania

Dieselmotorns luftöverskott ger en så hög syrehalt i avgaserna så att någon reduktion av kväveoxiderna inte kan ske med hjälp av en så kallad trevägskatalysator. Eftersom den höga förbränningstemperaturen är en del av dieselmotorns ”höga” verkningsgrad är det svårt att reducera NO<sub>x</sub>-emissioner genom förbränningstekniska åtgärder utan att samtidigt påverka bränsleförbrukningen negativt. Den vanligaste tekniken idag är Exhaust Gas Recirkulation (EGR). EGR-tekniken innebär att en del av avgaserna återcirkuleras varvid de sänker förbränningstemperaturen och späder ut insugningsluften. Lägre temperatur och syrehalt medför minskad kväveoxidbildning. Det diskuteras dock huruvida EGR kommer att räcka till för att klara kommande emissionskrav, man tror att om man använder EGR kommer det att bli nödvändigt att komplettera med ett partikelfilter för att klara emissionskraven för partiklar.

Selective Catalytic Reduction (SCR) är till skillnad mot EGR en efterbehandling av avgaserna, vilket innebär att kväveoxiderna reduceras i en katalysator till kvävgas och vatten med hjälp av ett tillsatt ammoniakämne. Det basiska ämnet som tillsätts är urea och har varunamnet AdBlue/NOxCare. Utveckling av infrastrukturen för distribution av urean är ett måste liksom en extra tank på fordonet. Man beräknar att förbrukningen urea är 5 % i förhållande till dieseln. Det stora problemet med SCR, som det diskuteras om idag, är huruvida man skall kunna kontrollera att brukaren verkligen tillsätter urean, och att systemet tillsätter den i rätt takt.

SCR-tekniken är mycket effektiv och kan reducera kväveoxiderna med hela 95 % (Rødt 2003). Det har givit tillverkarna möjligheter att höja verkningsgraden på motorn och därmed sänka bränsleförbrukningen, man pratar om ca 3-5 %. Detta är alltså möjligt eftersom de förhöjda NO<sub>x</sub>-utsläppen från förbränningen tas om hand i ett efterbehandlingssteg. Men, om nu inte brukaren tillsätter urean, fungerar inte tekniken och utsläppen av NO<sub>x</sub> kommer då att motsvara utsläppen vi hade under 80-talet (Greger Juhlin, personlig kontakt). Här måste lagkrav införas, och det finns redan olika förslag inom EU på hur en reglering kan se ut, dock kommer inga lagkrav på SCR-tekniken att hinna införas innan tekniken redan finns på vägarna. En annan aspekt är om ett SCR-system inte tillsätter urean i rätt takt, tillsätts för lite ökar NO<sub>x</sub>-utsläppen och överdoseras urea kommer ammoniumföreningar att släppas ut i avgaserna. Ett särskilt gränsvärde för ammoniumföreningar bör därmed införas i fordon med SCR-tekniken.

Urea i sig, har en fryspunkt på -11 °C, dock finns ett uppvärmningssystem för framtaget för tanken.

En annan lösning för reduktion av kväveoxider är en NO<sub>x</sub>-fälla, en teknik som har presenterats på den amerikanska marknaden. Tekniken innebär att kväveoxiderna fångas i "fällan" under körning med normal "mager" (syreöverskott) bränsleblandning för att sedan med jämna mellanrum reduceras till kvävgas och vatten i en "fet" (bränsleöverskott) fas, detta innebär att bränsleförbrukningen ökar under reningsfasen. Tekniken anses ha en hög omvandlingsfaktor av kväveoxider, men mycket arbete kvarstår innan produkten kan tas i bruk. Fällan är fortfarande stor och tung och kräver flera olika ädelmetaller. Den är också mycket svavelkänslig och om USA skall kunna ta den i bruk till 2007 när de kraftigt skärper avgaskraven måste det framkomma rejäla forskningsresultat redan under nästa år.

### **3.3 Övriga faktorer som påverkar bränsleförbrukning**

#### **3.3.1 underhåll och utrustning**

Slarv med underhåll och service av fordon kan påverka förbrukningen av bränsle, underhåll av motorn (filterbyten, oljebyte etc.) men också korrekt ringtryck i däcken och rätt inställda hjulvinklar är av betydelse. Att hålla lastbilen ren är också viktigt, snö och is, modd och lort som byggas upp på chassiet kan öka fordonets vikt med hundratals kilo (Ahlvik 2001). För en riktigt misskött lastbil kan slarv med underhåll och service sammantaget innebära 10-tals procent högre bränsleförbrukning (Greger Juhlin, personlig kontakt).

Regn och snö kan också påverka bränsleförbrukningen utanför fordonet då det samlas på vägbanan, bränsleförbrukningen kan på grund av rullmotståndet då öka med 10-20 % (www.volvotrucks.se).

Man kan också spara bränsle om man minimerar användningen av energikrävande utrustning i en lastbil. Idag har en lastbil ofta betydligt mer elberoende utrustning än tidigare. Lastbilen fungerar ofta som en skiftarbetsplats och bekvämligheter som klimatanläggning, extraljus med höga effekter, takskyltar, kylskåp, mikrovågsugn, kupévärmare och annan teknisk utrustning blir allt vanligare. I ett test utfört på Scania visade det sig att på en testbil (Scania R 113 HL 6\*2 380 46A) fodrade generatorm 980 liter diesel under ett år för att producera el till bara belysning (Ahlvik 2001). Dessutom ökar luftmotståndet när man sätter på utrustning som takskyltar och extraljus på fordonet.

### 3.3.2 Körstil

Förarens körstil bidrar i slutändan till en betydande faktor av hur mycket bränsle som totalt förbrukas. Kunskap om motorns optimala varvtal är viktigt, liksom att köra med framförhållning, planera för inbromsningar i god tid och använda motorbroms, utnyttja rörelseenergin och accelerera med hjälp av topografin.

Tabellen nedan är ett exempel som visar hur bränsleförbrukningen tydligt är kopplad till hastigheten. Körningen med de tre olika hastigheterna har alla körts med samma lastbil och samma sträcka (Ahlvik 2001). Man kan se att genom en ökning av maxhastigheten från 70 km/h till 90 km/h åtgår det 1 liter bränsle mer per mil, trots att medelhastigheten bara ökas med 12 km/h.

Tabell 3.3 Hastighet som bränslepåverkande faktor.

Källa: Scania

Maxhastighet (km/h)	Medelhastighet (km/h)	Bränsleförbrukning (liter/100 km)
70	67	Referens(R)
80	74	R+4
90	79	R+4+6

Man kan också se i tabell ett hur bränsleförbrukningen per kilometer ökar ju fortare man kör. Ökningen från hastigheten 70 till 80 km/h kräver 4 liter extra bränsle per 100 km, medan hastighetsökningen mellan 80 och 90 km/h kräver hela 6 liter extra bränsle per 100 km.

En inte ovanlig årlig körsträcka hos en fjärrgående lastbil är ca 20 000 mil. Anta att en lastbil med just *den* årliga körsträckan kör med maxhastigheten 90km/h och medelhastigheten 79 km/h under ett år. Året därefter minskas maxhastigheten från 90 till 80 km/h och medelhastigheten från 79 till 74 km/h, då skulle alltså dieselförbrukningen enligt ovanstående tabell på ett år kunna minskas med  $20\,000 \cdot 0,6 = 12\,000$  liter diesel vilket motsvarar 30 720 kg CO<sub>2</sub>. Om lastbilen skulle minska maxhastigheten med ytterligare 10 km/h och sänka medelhastigheten till 67 km/h skulle bilen på ett år kunna spara hela 51 200 kg CO<sub>2</sub>.

Av Vägverkets hastighetsmätningar efter vägarna kunde man 1998 dra följande slutsatser: Den tunga trafiken har en stor andel hastighetsöverträdelser, främst på 90- och 110-vägar. Medelhastigheten för såväl lastbil utan släp som med, låg 5-10 % över vad som var tillåtet ([www.vv.se](http://www.vv.se)). Dessutom visar en hastighetsmätning utförd av Vägverket 1998 en vanlig dag efter väg E4 (söder om Jönköping), att **94 %** av alla lastbilar med släp som passerade höll högre hastighet än tillåtet ([www.vv.se](http://www.vv.se)).

För att optimera bränsleförbrukningen är planering av rutten viktig för att om möjligt undvika allt för dåliga vägar och för att försöka hålla sig undan rusningstrafik och trafikstockningar. Högtrafik orsakar många onödiga stopp och onödig tomgångskörning. Att ta hänsyn till topografi och onödiga omvägar vid färdplanering är också viktigt. Ett exempel från Scania där man kör en viss sträcka 10 mil, och den ena gången kör med medelhastigheten 74 km/h och inte stannar alls och andra gången kör med medelhastigheten 68 km/h och stannar 10 ggr visar att man förbrukar 7 liter mer bränsle på den senare körningen. Ingen av rutterna kördes med en maxhastighet över 80 km/h (Ahlvik 2001).

Det finns också tekniska hjälpmedel som kan hjälpa en förare att köra effektivt, som exempelvis en display som ger föraren information och instruktioner och visar hur körsättet påverkar bränsleförbrukningen. Nyutvecklade automatiska växellådor hjälper också till genom att kontinuerligt reglera utväxling och varvtal så att motorn arbetar i det mest fördelaktiga området. Utbildning i sparsam körning kan generera en minskad bränsleförbrukning.

## 4. Bränsleförbrukning, statistiska uppgifter från olika källor

I detta kapitel presenteras uppgifter på bränsleförbrukning från några olika källor, från lastbilstillverkare till oberoende testförare, liksom från undersökningar baserade på enkätmaterial och noggrant genomförda test med några få utvalda fordon.

### 4.1. Bränsleuppgifter från Scania och Volvo

Eftersom rapporten är avgränsad till svenskregistrerade lastbilar, blir det naturligt att titta närmare på lastbilstillverkarna Scania och Volvo då de svarar för 91,5 % av marknaden i Sverige. Scania med 45,2% och Volvo med 46,3% (040921)

Scania och Volvos bränsleuppgifter är baserade på datasimulering från några referensfordon som körts många gånger efter en speciell referensslinga.

Enligt Scania förbrukar en fjärrgående lastbil med 40 tons totalvikt idag ca 32-33 liter diesel per 100 km, och motsvarande siffra med 60 tons totalvikt är ca 45-50 liter per 100 km (Greger Juhlin, personlig kontakt).

På Scania anser man att på 10 års sikt eller längre framåt kommer inga större sänkningar av bränsleförbrukningen att ske. Man tror dock att det blir möjligt att nå 3,0 l/mil med ett 40-tons ekipage, även om det inte sker inom de närmaste 10 åren (Greger Juhlin, personlig kontakt).

Volvo skriver att för samma typ och storlek av fordon har förbrukningen minskat med 32 % från 1980 till 2001 (se tabell nedan). Enligt samtal med Martin Eriksson, Volvo ökade bränsleförbrukningen något efter 2001, för att sedan förbättras så att man idag åter har ungefär samma förbrukning som 2001. Volvo räknar dock med en minskning av bränsleförbrukningen med ca 3% när Euro IV motorn med SCR-tekniken lanseras.

Tabell 4.1 Volvos utveckling av bränsleförbrukning hos fjärrgående 40-tons ekipage

Utveckling av bränsleförbrukning för Europadragare med semitrailer i fjärrtrafik 40 ton		
Årsmodell	L /100 km	Procent
1980	44	100
1990	35	81
1993	33	75
1998	31	70
2001	30	68

Volvo skriver i sitt transportmagasin att de 2008 räknar med att deras FH12 med 40 tons trailer i fjärrtrafik beräknas ha en bränsleförbrukning på 2,6 l/mil.

Volvo uppger att om 1 % minskning av bränsleförbrukningen åstadkommes står karosseriet för 0,75 av minskningen och motorn för 0,25.



## **4.2 Bränsleförbrukning baserat på testföraren Lars-Erik Lundgrens testresultat**

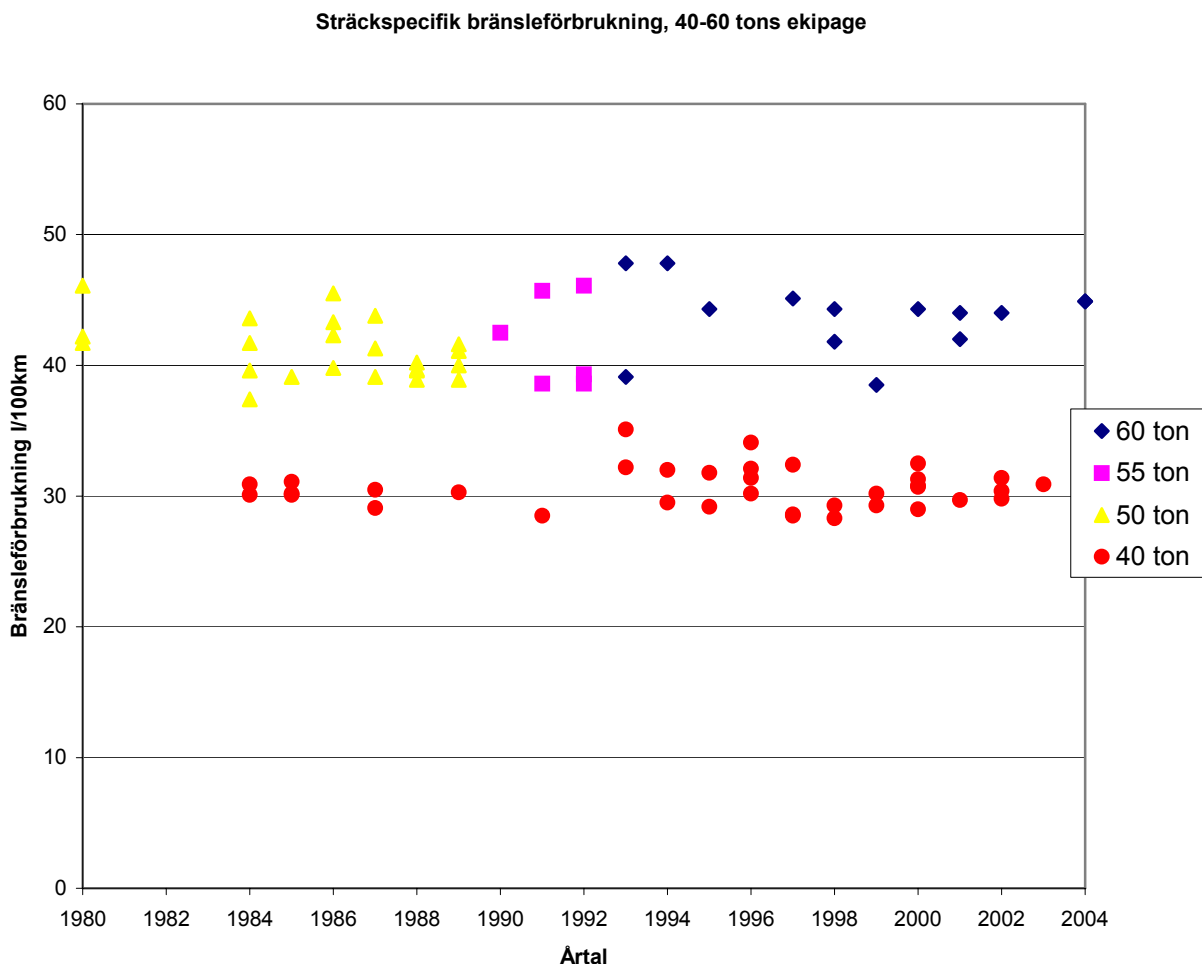
Lars-Erik Lundgren har i ca 25 år fungerat som testförare av lastbilar, för Svensk åkeritidning där han också kontinuerligt redovisat sina resultat.

Testkörningarna utförs på speciella slingor, en fjärrslinga för tunga lastbilar, ”Dalaslingan”, och en distributionsslinga för lättare lastbilar. Lundgren har använt samma slingor i alla år. Eftersom denna rapport behandlar tunga fordon kommer endast resultat från fjärrslingan att behandlas.

Innan start kontrollerar Lundgren lastbilsbesättningen och noterar sina första intryck, däcktyp och all annan teknisk utrustning noteras. Färdskrivaren laddas med diagram och en flödesmätare för bränslet används, vilken även kontrolleras mot verklig tankning. Bränslepåfyllning sker alltid vid start och slut av körningen, och vid samma tankstation. Testkörningen utförs under så lika förhållanden som möjligt och hastigheten 80 km/h hålls så konstant som går. Lundgren kör alltid själv, men har en fabriksrepresentant med sig från respektive lastbilstillverkare. Sträckan, som startar i Västerås och sträcker sig upp mot Rättvik för att efter 56 mil åter nå Västerås, är uppdelad i 5 delsträckor. Efter varje delsträcka avläses körda kilometer, flödesmätaren avläses och tiden noteras. Väder och eventuella trafikstörningar noteras också. I Falun kontrolleras på en våg att fordonets vikt överensstämmer med uppgiven vikt. Testen utförs med så lika förutsättningar som möjligt. Lundgren är noga med att kontrollera vilket väder som väntas för testdagen, är det för dåligt väder inställs körningen. Även trafikbilden kontrolleras, om till exempel om något vägarbete utförs efter sträckan ställs körningen in. Allt för att nå så få variationer mellan testerna som möjligt. Se bilaga nr 3 och 4 för en mer detaljerad beskrivning av testslingan.

Resultaten från Lundgrens testkörningar ger en mycket bra *jämförelse* av bränsleförbrukning över tiden, för likvärdiga besättningar. Men, siffrorna representerar verklig förbrukning efter vägarna sämre då lastbilarna som ingått i testkörningarna alla har liknande påbyggnader (skåpbilar och flakfordon med kapell) och alltid är lastade med den viktmässiga nyttjandegraden 100 %. Vilket betyder att, för besättning med 40 tons totalvikt finns ingen förändring av totalvikten sedan 1980 då de första testkörningarna utfördes. Men, för de tyngre besättningarna har totalvikten följt den högst tillåtna vilken ju ändras något genom åren. Man bör också ha i åtanke att lastbilarna alltid körts samma sträcka, av en och samma förare som har samma körsätt med alla lastbilar, och dessutom är en mycket skicklig förare. Lundgren har också uppehåll av testkörningarna under vintermånaderna december, januari, februari och mars och det beror förstås på det då varierande vädret och därmed också varierande väglag som försvårar likvärdig körning.

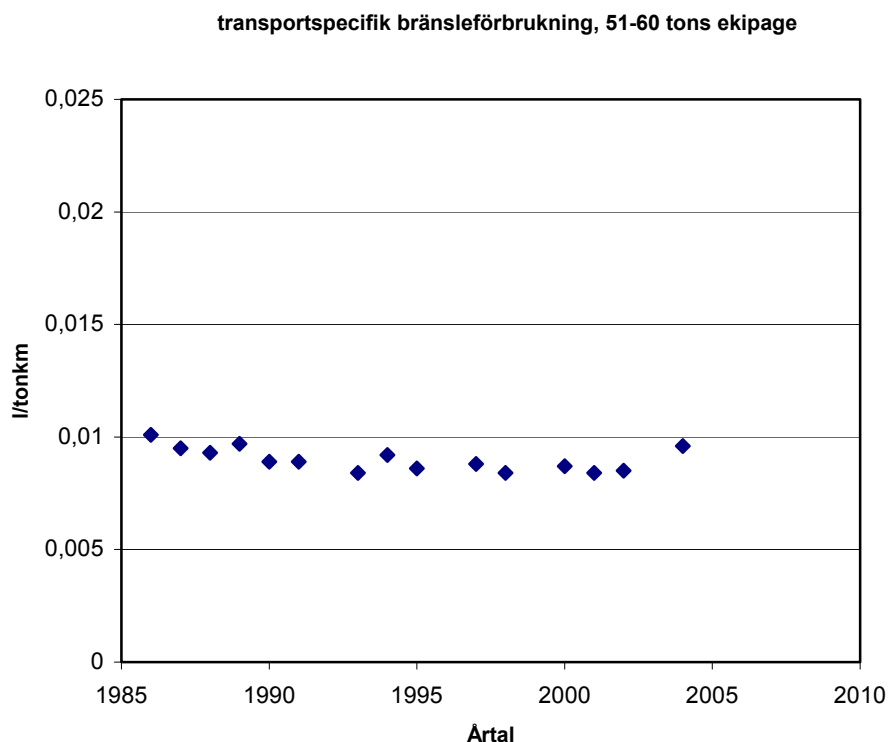
I diagram 4.1 kan man se resultaten från Lundgrens testkörningar som visar hur bränsleförbrukningen (l/km) förändrats över tiden. Man kan enligt diagrammet se en tydlig ökning av bränsleförbrukningen i början av nittio-talet hos såväl 40-tonns ekipagen som de tyngre ekipagen. Hos 40-tonns ekipagen, vilka haft en konstant totalvikt kan ökningen förklaras av avgaskraven, vilka infördes vid tidpunkten. Hos de tyngre fordonen kan förklaringen förutom avgaskraven även bero på den ökade totalvikten. För övrigt visar diagrammet endast mindre förändringar av bränsleförbrukningen.



Figur 4.1 Testresultat från Lars-Erik Lundgren, bränsleförbrukning.

För att få en rättvis bild av de tyngre ekipagen, som har en varierande totalvikt (51-60 ton) finns i diagram 4.2 transportspecifik bränsleförbrukning (l/tonkm) för de större lastbilarna presenterat. Observera dock att detta diagram är baserat på Lundgrens definition av tonkilometer, vilken är hela ekipagets totalvikt - lastbilens tjänstevikt, multiplicerat med testslingans körsträcka. Detta understryker ytterligare att dessa uppgifter ger en bra jämförelse mellan lastbilarna i testen, men inte bör jämföras likvärdigt med bränsleuppgifter från andra källor.

I diagram 4.2 ser man att inga större förändringar har skett. En svag trend mot förbättrad transportspecifik förbrukning kan dock ses fram till början av nittiotalet där kurvan planar ut och är relativt oförändrad fram till ca 2004 där förbrukningen visar på en ökning.



*Figur 4.2 Bränsleförbrukning liter/tonkilometer baserat på Lars-Erik Lundgrens testresultat. Där tonkm är produkten av körda kilometer och totalvikten av ekipaget - tjänstevikt på bilen.*

För att närmare se vilka de specifika ekipagen är som diagram 4.1 och 4.2 är baserade på, finns uppgifter på fordonsslag, påbyggnad, vikt och effekt för samtliga fordon samlade i bilaga ett och två.

### **4.3 Slutsatser, bränsleförbrukning från Volvo, Scania och Lars-Erik Lundgren**

Scanias bränsleuppgifter visar sig stämma ganska väl överens med Lundgrens uppgifter. Scania säger att ett 60-tons ekipage förbrukar 45-50 l/100 km och ett 40-tons ekipage 32-33 l/100 km. Motsvarande siffror enligt testkörningar från Lundgren visar ca 45 l/100 km för 60-tons ekipage och ca 30,1 l/100 km för 40-tons ekipage. Lundgrens uppgifter är som tidigare nämndes optimala och normalt borde ett fordon alltså förbruka något mer, väger man in detta stämmer uppgifterna väl överens.

Volvo säger att deras 40-tons ekipage förbrukar 30 l/100 km, en låg siffra jämfört med Lundgrens uppgifter. Volvo anger också en förbättring av bränsleförbrukningen med 32 % sedan 1980, där ett 40-tons ekipage 1980 förbrukade 44 l/100 km. Denna förbättring kan inte ses i Lundgrens uppgifter vilka istället visar en lägre siffra under hela testperioden och inget 40-tons ekipage har sedan 1980 visat en bränsleförbrukning överstigande 35,1 l/100 km vid Lundgrens testkörningar.

## 4.4 Bränsleförbrukning baserad på driftstatistik från tre olika undersökningar

Tillgången på publikationer som utifrån driftstatistik behandlar bränsleförbrukning är knapp, det finns en del undersökningar genomförda, nedan redovisas några exempel på sådana. De första undersökningarna som presenteras är baserade på enkätmaterial från ett större antal fordon och siffrorna som presenteras är ett genomsnitt. Nästa undersökning är ett projekt kallat TRANSMIT, där man mycket noggrant med hjälp av informationsteknik följt fyra fordon under ett års tid. Sista projektet, Pamp-testet är en undersökning vilken genomförs på ett åkeri, projektet har pågått sedan 1999 och har följt upp alla kostnader kring två lastbilar, även dieselkostnaden.

### 4.4.1 Undersökningar från Väg- och transportforskningsinstitutet VTI och Transportforskningskommissionen TFK

Två större undersökningar av bränsleförbrukning är genomförda genom insamlat enkätmaterial från åkare. Den ena genomfördes 1997, en enkätundersökning av bränsleförbrukning hos tunga lastbilar. Rapporten som är skriven av Ulf Hammarström och Mohammad-Reza Yaha (båda från VTI) heter "Uppskattning av representativa bränslefaktorer för tunga lastbilar". Studien baseras på en tilläggsfråga i SCB:s kvartalsvisa enkätundersökning UVAV (varutransporter med lastbil). Alla data är insamlade av åkarna själva under en veckas tid. I rapporten finns också en jämförelse av den andra och tidigare genomförda undersökningen "Lastbilskostnader" skriven av Lindkvist och Gustavsson från TFK. Den undersökningen genomfördes under år 1978 och behandlar likaså bränsleuppgifter från driftstatistik insamlat från åkarna själva. Undersökningarna baseras på driftsdata från 1513 respektive 1328 stycken fordon. De båda undersökningarna bör dock betraktas med viss försiktighet, det kan förekomma osäkerheter kring angiven bränsleförbrukning, körsträcka och angivna laster från åkarna. VTIs undersökning är också begränsad till en veckas driftstatistik och det framgår inte när på året denna undersökning genomfördes och hur till exempel väderförhållandena såg ut då.

I nedanstående tabell kan resultat från VTIs undersökning ses.

Resultatet i tabellen avser lastbilar (dragbilar + övriga) med en totalvikt som överstiger 16 ton. Siffrorna är alla ett genomsnitt.

Tabell 4.2 Resultat från VTI-rapporten

Lastbilar totalvikt > 16 ton				
Årsmo- dell	Bränsleförbrukning (l/km)	Bränsleförbrukning (l/tonkm)	Last (kg)	Släpanvändning (%)
-1979	0,4321	0,0651	8316	49
1980-1989	0,4208	0,0347	12171	82,5
1990-	0,4627	0,0300	15628	92

Resultatet visar en något högre sträckspecifik bränsleförbrukning (l/km) för nyare årsmodeller jämfört med de äldre. Den transportspecifika förbrukningen visar istället en halvering när man jämför den äldsta och den yngsta fordonsgruppen. Enligt tabellen kan man också se att lastfaktorn viktmässigt är högre med nyare årsmodeller, detsamma gäller för släpanvändning, vilket kan vara en del av förklaringen till den något högre sträckspecifika förbrukningen och den betydligt lägre transportspecifika bränsleförbrukningen.

Andra resultat från VTI-rapporten visar att andelen långväga transporter ökar med nyare årsmodeller. Undersökningen visar också att timmerbilars bränsleförbrukning (l/km) är lägre för årsmodellerna 90-98 jämfört med årsmodellerna 80-89. 58,17 l/100 km för de äldre årsmodellerna och 53,95 l/100 km för de nyare.

I VTI-rapporten finns också en jämförelse av bränsleförbrukning gjord mellan VTIs undersökning och den tidigare genomförda undersökningen "Lastbilskostnader" från TFK. Jämförelsen visar att värdena för bränsleförbrukning (l/km) från VTI-undersökningen är något lägre för samtliga jämförbara ekipage med undantag för semitrailer. Exempel med samtliga årsmodeller, fjärrgående 3-axlig lastbil med släp visade 47,30 l/100 km enligt VTI-rapporten och 55,00 l/100 km enligt TFK-rapporten, och för timmerbilar 54,40 l/100 km enligt VTI och 60,00 l/100 km enligt TFK.

Från VTIs resultat framgick den viktmässiga lastfaktorn hos dragbil med släp och lastbil med släp till 54 %.

#### 4.4.2 TRANSMIT

Transmit är ett intressant projekt som Skogforsk bedrivit under år 2001. I projektet har fyra virkesfordon studerats omfattande för att öka kunskapen om hur bränsleförbrukningen kan påverkas under olika förhållanden.

I TRANSMIT har man med hjälp av ett IT-system kontinuerligt hämtat driftsdata från de fyra fordonen, och via en GPS-mottagare har bilens position hela tiden kontrolleras. Förarna kompletterade med information om last och vägens beskaffenhet. De fyra fordonen körde sammanlagt 72 000 mil under hela testperioden.

Resultatet från projektet visas i nedanstående tabell.

Tabell 4.3 Resultat från projekt TRANSMIT

	Testbil 1	Testbil 2	Testbil 3	Testbil 4
<b>Beteckning</b>	Volvo	Scania	Volvo	Scania
<b>Årsmodell</b>	2000	2000	2000	1999
<b>Motor</b>	6cyl, 382 kW	V8 390 kW	6cyl, 346 kW	V8, 390 kW

<b>Förbrukning, liter per mil enligt TRANSMIT (genomsnitt)</b>				
<b>Körning med last</b>	6,72	5,88	6,70	6,28
<b>Körning utan last</b>	5,54	4,42	5,14	5,13
<b>Total förbrukning</b>	6,36	5,48	6,08	5,91

Medelhastigheten hos fordonen exklusive tid för lastning och lossning var 50 km/h och fordonens genomsnittliga transportarbete var 800 tonkm per timme.

53 % av de fyra virkesfordonens sammanlagda bränsleförbrukning gick åt till körning med last medan lastning och lossning svarade för 11 %.

Studien visade på skillnader i bränsleförbrukning mellan de fyra fordonen, som mest 15 % på årsbasis, man kunde också se att fordonen krävde ca 8 % mer bränsle under vinterhalvåret.

Skillnader mellan olika förare utgjorde på årsbasis en variation på upp till 8 %. Men den största skillnaden i bränsleförbrukning visade sig efter analys vara vägens kvalitet. På belagda vägar visar analysen att skillnaden i bränsleförbrukning mellan att köra på den bäst belagda vägen jämfört med den sämst belagda är 25-40 %. Förbrukningen på skogsbilvägar var 65-70 % högre än på de bäst belagda vägarna. Under testperioden asfalterades en av referenssträckorna om, bränsleförbrukningen visade sig då öka med 11 % under renoveringstiden då sträckan hölls oasfalterad.

Man kan se från tabellen att skillnaden i bränsleförbrukning mellan tom och fullastad bil hos dessa fyra timmerbilar inte är särskilt stor. Den skiftande kvalitén på vägar som timmerbilar färdas på ger en förhållandevis hög bränsleförbrukning även vid tomkörning, och just därför kanske det är extra viktigt att försöka minska tomkörningsandelen i just denna godskategori.

#### **4.4.3 Pamp-testet**

Sedan 1999 finns två testbilar från Pamp åkeri på vägarna, de har idag rullat 70 000 mil vardera och man har kontinuerligt följt upp alla kostnader kring bilarna, därmed också bränsleförbrukningen. Bilarna är två likvärdiga fordon, en Scania R124 (400 hk) och en Volvo FH 12 (380 hk) de är båda tvåaxliga dragbilar. Bilarna körde fram till hösten 2001 volymtrailers åt posten mellan Malmö och Ånge, men drar idag containertrailrar mellan Borås och Kapellskär. I båda fallen handlar lasten mer om volym än om vikt. Vid bytet från volymtrailers till containertrailer sjönk bränsleförbrukningen med ett par deciliter. Volvon förbrukade 3,18 l/mil under 2001 och 2,95 l/mil under 2002 motsvarande siffror för Scanian var 3,33 och 3,11. Under hela perioden har Volvon förbrukat 3,13 l/mil och Scanian 3,20 l/mil i genomsnitt. Lars-Erik Stenlund som sammanställt resultatet är nöjd med siffrorna och säger att det kan bli svårt att matcha dessa siffror med nya bilar. Pamp har vid några körningar satt in nyare bilar med Euro III motorer och bränsleförbrukningen har då ökat med någon deciliter.

## 5. Volvo och Scantias framtida strategier

**Renare förbränning med EGR är Scantias strategi för att klara Euro IV-och EuroV-kraven.**

Scania har redan lanserat en certifierad Euro IV-motor. Scania satsar på EGR-tekniken vilken också använts i deras nya Euro IV-motor. Trots att tveksamheter finns om att använda EGR-tekniken utan partikelfilter är det ändå vad Scania satsar på. Andra tillverkare är tveksamma, och flertalet kommer att använda sig av SCR tekniken till samtliga av sina motorer. SCR kommer också att bli nödvändigt för Scania i deras större motorer. Scantias nya Euro IV-motor arbetar också med Scantias egna turbocompoundteknik, vilken med sitt högre avgasmottryck hjälper till att återföra rätt mängd avgaser (EGR) till förbränningsrummet. Turbocompounden ger också lite extra kraft, vilket i sin tur sänker emissionerna från motorn eftersom emissioner mäts i g/kWh. Vidare används Scantias HPI (high pressure injection) som insprutningssystem i motorn, vilken minskar partikelutsläppen. Det elektriska systemet i motorn bygger på CAN-bus-teknik där alla styrenheter arbetar tillsammans i ett nätverk och möjliggör optimal styrning av datasystemet.

Hösten 2005 kommer Scania att lansera ett komplett program med Euro IV motorer, alla raka motorer med EGR och HPI och samtliga motorer med en underhållsfri oxidationskatalysator integrerad i ljuddämparen.

Scantias första Euro V-motorer, vilka planeras till 2006, blir utrustade med SCR och de kommer att erbjudas i en effektnivå i respektive motorserie (5-, 6- och 8-cylindriga). Något år senare planeras ett komplett program med Euro V-motorer. De motorerna kommer att skilja sig från de tre tidigare Euro V-motorerna, då Scania modifierar hela sin motorplattform och introducerar ett helt nytt common-rail baserat insprutningssystem (Scania XPI, extra high pressure injection). De senare Euro V motorerna, kommer alla att ha Scania XPI och EGR.

Scania tror vidare att en kombination av EGR och SCR kommer att räcka till för att nå de förväntade Euro VI kraven.

Volvo satsar i framtiden på SCR tekniken. I USA använder Volvo EGR tekniken, men anser att verkningsgraden blir för låg, sjunker 3-4 % enligt Volvo vilket medför att bränsleförbrukningen blir för hög. Volvos Euro IV-motorer som är planerade till mitten av 2005 kommer alltså att vara utrustade med SCR och partikelfilter. I USA har Volvo redan lanserat en lastbil med den utrustningen som drivs med ett dieselbränsle med extremt låga svavelhalter.

Under våren 1999 lanserade Volvo en ny typ av avgasfilter, som är en kombination av en oxiderande katalysator och partikelfilter. Filtret som baseras på CRT-teknik (Continuously Regenerating Trap) minskar utsläppen av kolväten, kolmonoxid och partiklar med 80-90 % och är tänkt för bilar som rullar i trafikintensiv och känslig stadsmiljö. Filtret tas ur och renas en gång per år eller vart 100 000 km från askrester. Det kombinerade filtret sitter placerat i ljuddämparen, och kan eftermonteras.

Volvo 1-shift är ett automatiserat växlingssystem som kan kommunicera med motorns styrenhet och automatiskt höja vridmoment på högsta växeln när det behövs. I praktiken innebär det att föraren kan köra längre på högsta växeln och därmed spara bränsle. Volvo 1-shift sparar också bränsle tack vare sina låga vikt, optimala växlingar och små inre förluster.

Volvos enhetsinjektioner reglerar exakt trycket, bränslemängden och tidpunkten för insprutningen.

Framtida huvudkonkurrenter till dieselmotorn antas på lång sikt vara elmotorer drivna med el från bränsleceller. Somliga bedömer dock att dieselmotorn kommer att vara ett huvudalternativ för en mycket lång tid framöver, både för lätta och tunga fordon. Ett annat spår som det forskas på idag är den så kallade HCCI-motorn (Homogeneous Charge Compression Ignition dvs. homogen kompressionsantändning) vilken ska kombinera dieselmotorns bästa egenskaper med bensenmotorns bästa. HCCI-motorn testas idag för olika bränslen inklusive diesel, men motorn är fortfarande på laboratorienivå. Man räknar med att tidigast kunna ta metoden i bruk om 5-6 år. HCCI-motorn bygger på att bränslet blandas med luft till en homogen blandning utanför cylindern, i insugningsröret. I cylindern regleras sedan kompressionen till vad som behövs för att antändning skall ske. Man behöver till följd av den mycket exakta avvägningen av luft och bränsle inte använda så högt tryck som i en konventionell dieselmotor, vilket resulterar i att man får en hög verkningsgrad kombinerat med mycket låga utsläpp (Kågesson 2002).



## 6. Resultat och diskussion

Fordons- och motorförbättringar har genom tiderna resulterat i minskad bränsleförbrukning för specifika lastbilsfleet. Trots att NO<sub>x</sub>-kraven som infördes 1993 har haft en motverkande effekt på energieffektiviteten i motorn har enligt tillverkarna bränsleförbrukningen ändå kunna minskats. Volvo uppger att de minskat förbrukningen (l/km) med 32 % mellan åren 1980 och 2001 hos sina 40-tons fjärrbilar.

Enligt VTIs genomförda undersökning kan man med viss försiktighet säga att utvecklingen av bränsleförbrukning hos lastbilar med totalvikt över 16 ton ser positiv ut. De äldsta årsmodellerna har en genomsnittlig viktmässig last som är hälften av de nyare årsmodellerna och ändå är skillnaden i bränsleförbrukning (l/km, genomsnitt) marginell.

Lars-Erik Lundgrens testkörningar är reella och upplagda på ett vetenskapligt sätt till skillnad mot många andra uppgifter på bränsleförbrukning vilka ofta är baserade på enkätundersökningar. Lundgrens testkörningar ger ett särklassigt resultat med hög validitet om tunga lastbils bränsleförbrukning och dess förändring över tiden. Från Lundgrens material kan man hos 40-tons ekipagen se en svagt sjunkande trend av bränsleförbrukningen under åttiotalet. I början av nittiotalet då NO<sub>x</sub> – kraven trädde i kraft ökar bränsleförbrukningen märkbart, för att sedan sakta minska fram till år 1998-1999, därefter ses åter en uppåtgående trend av förbrukningen. 60-tons ekipage blev godkända 1993, samtidigt som avgaskraven, och de uppvisar en liknande trend som 40 tons ekipagen.

Sveriges tunga lastbilsflotta inte har ändrats nämnvärt i antal fordon, men en klar strukturförändring har skett. Lastbilar med en tillåten totalvikt över 24 ton har ökat i antal från 1 000 till 33 000 stycken under de senaste 30 åren, och andelen flakbilar i trafik har halverats under samma tidsperiod.

Sverige är tillsammans med Finland det enda landet inom EU som idag tillåter lastbilsfleet med en tillåten totalvikt om 60 ton. De höga tillåtna vikterna kan visa sig vara energieffektiva när man tittar på transportspecifik förbrukning, under förutsättning att man utnyttjar den viktmässiga lastkapaciteten. Frågan är om vi gör det! Lastkapacitetens nyttjandegrad visade sig i en undersökning viktmässigt vara ca 59 % och volymmässigt ca 81 %. Siffrorna tyder på ett större nyttjande volymmässigt än viktmässigt hos de tunga lastbilarna. Detta resultat styrks då man tittar på våra godsmängder, som viktmässigt minskat med ca 30 % samtidigt som lastbilsflottan genomgått ovan nämnda strukturförändring.

Tomkörningsandelen med tunga lastbilar har förbättrats sedan 1985 och minskat från 30 % till 24 %. Men frågan är om vår lastbilsflotta, som idag består av en högre andel större lastbilar, också genererar en totalt högre bränsleförbrukning vid tomkörning. När det gäller tomkörning finns potential att spara stora mängder bränsle. För en lastbil som har en årlig körsträcka på 20 000 mil betyder 24 % i tomkörningsandel att lastbilen varje år åker omkring närmare 5 000 mil helt olastad.

Godset på våra vägar fraktas allt längre sträckor, trafikarbetet, inrikes för tunga lastbilar har ökat från 4 miljarder fordonskilometer till 6 miljarder per år under de senaste 25 åren. Resultatet blir, trots minskade godsmängder ett totalt ökat transportarbete, som enligt en prognos från SIKA ytterligare förväntas öka med 43 % till år 2020.

Det ökade transportarbetet har ökat åtgången av dieselbränsle, och de energieffektiva förbättringar som hittills åstadkommit har inte haft en chans att matcha det snabbt stigande trafikarbetet. Ett av de enklare sätten att minska bränsleförbrukningen vore alltså att minska antalet körda kilometer, vilket skulle kunna uppnås med bland annat högre nyttjandegrad lastutrymmet i lastbilen, bättre planering av godsets färdväg och omlastning till järnväg eller båt. Eftersom lastbilstransporter idag är mycket billiga och producenter konkurrerar med snabba leveranser blir resultatet ofta mindre bra ur energisynpunkt. Men som exempel också visade i rapporten kan man mycket enkelt genom att bara minska hastigheten spara många liter diesel. När man ser till en av Vägverkets hastighetskontroller, visade den att 94 % av alla lastbilar med släp som passerade kontrollen körde fortare än tillåtet. Man förstår då att det finns potential att spara på koldioxidutsläpp.

Dieselmotorerna har med tiden blivit allt större och effekten har ökat mer än marginellt, frågan är hur väl man behöver dessa stora motorer, och om det är "rätt" gods-kategorier som transporteras med dessa stora motorer? Är det viktbegränsande gods som exempelvis timmer och schaktmassor, vilka behöver hög kraft från motorn eller är det även de ökande "lättare" volymgodsen?

En viktig bränslepåverkande faktor är vägens kvalitet och resultat från projektet TRANSMIT visar hur stor betydelse vägens beskaffenhet kan ha. Rullmotståndet efter skogsvägar är mycket stort och påverkar bränsleförbrukningen i alla största grad. Av de fyra virkesfordonen som ingick i försöket var det ingen som hade en skillnad större än 1,56 liter bränsle/mil i genomsnittlig förbrukning mellan ett tomt och ett fullastat ekipage, en skillnad på 23 %. Vägens kvalitet inverkar med skillnader i upp till 70 % i bränsleförbrukning hos ekipagen.

Sammantaget visar siffror att det ökade transportarbetet har ökat de tunga fordonens totala dieselförbrukning, trots att undersökningar uppvisat förbättrad eller oförändrad bränsleförbrukning över tiden hos våra tunga lastbilar. Enligt Vägverkets sektorsredovisning 2004:29 har dieselförbrukningen från svensk vägtransportsektor ökat med 60 % sedan 1990, och de tunga lastbilarna uppges stå för merparten av den ökningen. Med koldioxidens direkt relaterande förhållande till bränsleförbrukningen förstår man att om dieselförbrukningen ökat med 60 % har också koldioxidutsläppen ökat med motsvarande siffra.

Förklaringen till den totalt ökade dieselförbrukningen kan nog till största delen förklaras av det ökade trafikarbetet med våra tunga lastbilar. De energieffektiva förbättringar som utvecklats räcker inte på lång väg till för att vända trenden av ökade koldioxidutsläpp, och den enda möjligheten är så vitt jag förstår en omläggning av transportsystemet.

En tung lastbil har idag en förhållandevis låg bränsleförbrukning. Ett 60 ton tungt ekipage kan bevisligen färdas framåt med en dieselförbrukning under ca 5 l/mil. Om man då ser till en modern tung lastbil av största sorten och dess potential till effektiv transportspecifik bränsleförbrukning så kan tillståndet i Sverige se förhållandevis bra ut, med avseende på koldioxidutsläpp. När man däremot ser till utvecklingen av hela flottan av tunga lastbilar och dess nyttjande av den viktmässiga lastkapaciteten ser tillståndet annorlunda ut.

*Slutsatsen blir, att man inte kan nå ett minskat utsläpp av koldioxidutsläpp från våra tunga fordon med endast tekniska åtgärder - det krävs även andra åtgärder som påverkar trafikarbetet.*

## **Referensförteckning**

Lindkvist A, Gustavsson B **Lastbilskostnader** TFK Rapport 1980:6 (1980)

Kågeßon P (2002) **Dieselmotorn på kort och lång sikt** Nature Associates

Sika (2003) **Transporter och kommunikationer Sika:s årsbok 2003**  
ISBN 91-89586-24-7

Nerhagen L, Johansson H och Andelius C. (2003) **Marginalkostnadsberäkning av luftburna föroreningar från fordon – problem med differentiering, interdependens och Variabilitet**, VTI notat 35-2003

Johansson H, Nilsson L (2004) **Klimatstrategi för vägtransportsektorn**, Vägverket 2004:102

Hammarström U, Mohammad-Reza Y. (2000) **Uppskattning av representativa bränslefaktorer för tunga lastbilar**, VTI rapport 445-2000

**Europaparlamentets och rådets direktiv 1999/96/EG** av den 13 december 1999

Ekström M, Sjödin Å (2003) **Mätmetoder för uppföljning av avgasemissioner från tunga fordon**. IVL rapport B 1540

Rodt S (2003) **Future Diesel Exhaust legislation for passenger cars, light-duty commercial vehicles, and for heavy duty vehicles**  
Federal Environmental Agency (Umweltbundesamt) section I 3.2, Berlin 2003

**Sektorsredovisning Vägverket** 2004:29 ISSN 1401-9612 (2004)

Ahlvik P mf. **Energy saving in transport of goods – a pilot project in rural natural resource based industries** VNRI report 2001. ISBN 82-428-0197-5 ISSN 0803-4354

Sika, SCB **Varutransporter med lastbil och järnväg**, T 30, SSM 1990, 1993, 1995, 1996, 1997, 1998

Sika, SCB **Inrikes trafik med svenska lastbilar och på järnväg** TK 30, SSM 1999

Sika, SCB **Inrikes och utrikes trafik med svenska lastbilar** TK 33, SSM 2000, 2001, 2002, 2003

Bilsweden **Bilismen i Sverige 1977-2003**

Sika, SCB **Fordon vid årsskiftet** TK 27, SSM

Trailer Magazine **Volvo vs Scania långtidstest efter 70 000 mil**, 2003 särtryck från nr 4 / 03

SCB, Kerstin Forssén **Transportstatistik** 2001

Per Kågesson, Nature Associates **Åtgärder för att uppnå vägtrafikens koldioxidmål 2003**  
Vägverket Publikation 2003:117 ISSN 1404-9612

Mattias Forsberg, Claes Löfroth. **TRANSMIT – kvalificerad IT i fyra virkesfordon**  
**Skogforsk, Resultat, nr 18** (2002) ISSN 1103-4173

Peter Ahlvik, Motortestcenter. **Reduction of greenhouse gases from heavy-duty vehicles.**  
MTC 9512 (1998) ISSN 1103-0240

Sika **Omvärldsanalys, förutsättningar som kan påverka svensk transportpolitik 2004:7**  
(2004)

### ***Internetförteckning***

[www.akeri.se](http://www.akeri.se) (2004-12-01)

[www.vv.se/filer/9499/beskrivning-99-pdf](http://www.vv.se/filer/9499/beskrivning-99-pdf) **Lägesbeskrivning 1999 av yrkestrafiken,**  
**underlag för arbetet med att ta fram ett nationellt yrkestrafikprogram** (2004-12-08)

[www.Naturvardsverket.se/dokument/hallbar/klimat/snabbkurs/snabbkurs.htm](http://www.Naturvardsverket.se/dokument/hallbar/klimat/snabbkurs/snabbkurs.htm)  
(2004-10-23)

[www.scb.se/Grupp/Webmaster/Tonkilometerbegreppet.pdf](http://www.scb.se/Grupp/Webmaster/Tonkilometerbegreppet.pdf) (2004-12-01)

[www.volvotrucks.volvo.se](http://www.volvotrucks.volvo.se) (2004-11-23)

### ***Muntliga kontakter***

**Greger Juhlin**, Scania Södertälje (2004-10)

**Martin Eriksson** Volvo Göteborg (2004-10)

**Kjell Johansson** Mittåkarna Falun (2004-11)

**Daniel Isacson** Terminalchef DHL, Borlänge (2004-09)

**Lars-Erik Lundgren** Frilansjournalist och testförare Eskilstuna (2004-10)

**Joakim Andersson** ICA, Borlänge (2004-12)

**Anders Lundkvist** Yrkestrafik, Vägverket (2005-01)

**Håkan Johansson** Vägverket (2004-10)

# Bilaga 1

## Scania + Volvo + Övriga, 40-tons ekipage

Bilmodell	Totalvikt (ton)	Effekt (kW)	Bränsleförbrukning (L/100 km)	Effekt/volym (kW/dm <sup>3</sup> )	Mån-år	Anm.
DAF XF 95.480	40.1	355	30.9	28.2	03-jun	3-axlig skåptrailer
Iveco Stralis 440.43	40.0	316	29.8	30.7	02-aug	3-axlig skåptrailer
Scania R 124 420 Hpi	39.3	309	31.4	26.4	02-aug	3-axlig skåptrailer
Mercedes Actros 1846	40.6	338	30.4	28.0	02-maj	3-axlig skåptrailer
DAF CF 85 380	39.9	280	29.7	22.2	01-aug	3-axlig skåptrailer
Iveco Eurostar 440 43	40.2	316	29.0	30.6	08-00	3-axlig skåptrailer
Renault magnum 440	39.9	324	31.3	27	08-00	3-axlig skåptrailer
Renault Premium 420	40.1		30.8		08-00	3-axlig skåptrailer
Scania R 164 480	40.5	353	32.5	22.6	06-00	3-axlig skåptrailer
DAF 95 XF 530	40.1	390	30.7	31.0	06-00	3-axlig skåptrailer
Scania P 124-420	39.6	309	29.3	25.5	09-99	3-axlig skåptrailer
Volvo FH 12 460, 4x2	39.6	338	30.2	27.9	08-99	3-axlig skåptrailer
DAF 85 CF 380, 4x2	40.1	280	28.3	22.2	09-98	3-axlig kapelltrailer
Scania P 114 340, 4x2	39.7	250	29.3	23.6	05-98	3-axlig skåptrailer
Mercedes 1840	40.1	290	28.5	24.2	09-97	3-axlig skåptrailer
DAF 95 XF 430	40.0	315	28.6	25.0	09-97	3-axlig skåptrailer
Iveco Eurostar 440 47	40.3	345	32.4	25.0	08-97	3-axlig skåptrailer
Scania P 124-360	40.0	265	31.4	22.6	10-96	3-axlig kapelltrailer
Renault Premium 385	39.9	280	32.1	25.2	09-96	3-axlig skåptrailer
Iveco Eurostar 440-47	39.5	345	30.2	25.0		3-axlig skåptrailer
Scania R 124-400, 4x2	40.0	294	34.1	25.1	05-96	3-axlig kapelltrailer
Volvo FL 10-360, 4x2	39.7	265	31.8	27.6	09-95	3-axlig skåptrailer
Volvo FH 12-380, 4x2	39,6	279	32.0	23.1	06-94	3-axlig skåptrailer
Volvo FH 12-420, 4x2	39.5	309	29.5	25.5	05-94	3-axlig kapelltrailer
Iveco 440E52, 4x2	40.0	378	35.1	22.0	10-93	3-axlig kapelltrailer
Renault AE Magnum	40.0	305	32.2	25.4	08-93	3-axlig skåptrailer
Scania R 113 TC, 4x2	38.1	295	28.5	26.8	06-91	3-axlig kapelltrailer
Scania R113 MA, 4x2	38.0	267	30.3	24.3	05-89	3-axlig kapelltrailer
Volvo FL 10, 4x2	38.0	220	29.1	22.9	09-87	3-axlig kapelltrailer
Scania R 112 MA, 4x2	38.0	252	30.5	22.9	08-87	3-axlig kapelltrailer
Volvo FL 10	38.2	220	31.1	22.9	08-85	3-axlig kapelltrailer
Scania R 112 MA	38.0	245	30.9	22.3	05-84	3-axlig kapelltrailer
Volvo F 10	38.0	220	30.1	22.9	05-84	3-axlig kapelltrailer

## Bilaga 2

### Volvo + Scania + Övriga 51 - 60 tons ekipage

Bilmodell	Bränsleförbrukning l/100 km	Totalvikt (ton)	Effekt/Voym (kW/dm <sup>3</sup> )	Mån/År	
Mercedes Actros 2546	44,9	60.1		04-maj	Skåpbil+dolly/skåptrailer, 25,25m
Volvo FH 16 610	44,9	59.9	27.9	04-april	Skåpbil+dolly/skåptrailer, 25,25m
Volvo FH 12 500	44,0	59.9	30.4	02-maj	Skåpbil+dolly/skåptrailer, 25,25m
Scania R 124 470	42,0	59.6	29.6	01-maj	Skåpbil+dolly/skåptrailer, 25,25m
Volvo FH 12 460	44,0	59.8	27.9	01-maj	B-link med 3-axlig skåptrailer
Scania R 164 580	44,3	59.8	27.3	08-00	Skåpbil+dolly/skåptrailer, 25,25m
DAF 95.480 XF	38,5	55.8		11-99	Skåpbil med 4-axlig skåpvagn
Volvo FM 12 420, 6x2	41,8	59.6	25.5	08-98	Skåpbil+dolly/skåptrailer, 25,25m
Scania R 124-45, 6x2	44,3	60.0	26.4	05-98	Skåpbil+dolly/skåptrailer, 25,25m
Volvo FH 16 470, 6x2	45,1	60.0	21.6	08-97	Skåpbil+dolly/skåptrailer, 25,25m
Volvo FH 16 520	47,8	60.0	23.7	10-94	Skåpbil+ 4-axlig skåpvagn
Volvo FL 12 420, 6x2	44,3	59.6	25.5	05-95	Växelskåp+4-axlig kapellvagn
Volvo FH 16 520, 6x2	47,8	60.1	23.7	10-93	Skåpbil+ 4-axlig skåpvagn
Volvo FH 12 420, 6x2	39,1	60.3	25.5	09-93	Skåpbil+ 4-axlig skåpvagn
Mercedes2550, 6x2	46,1	55.2		10-92	Skåpbil+ 4-axlig skåpvagn
Volvo F 12 400	38,6	55.7	24.8	09-92	Skåpbil+ 4-axlig skåpvagn
Scania R 113 M, 6x2	39,3	55.6	26.8	08-92	Växelskåp+4-axlig kapellvagn
Iveco 240.38, 6x2	38,6	55.8	20.1	08-91	Kapellbil+4-axlig kapellvagn
Scania R 143M, 6x2	45,7	55.7	25.9	10-91	Kapellbil+4-axlig kapellvagn
DAF 95.400, 6x2	42,5	56.6	25.4	12-90	Kapellflak+4-axlig kapellvagn
Iveco 190.48, 6x2	40,0	52.2	20.0	10-89	Kapellflak+4-axlig kapellvagn
Volvo F12, 6x2	38,9	51.7	24.3	10-89	Skåpbil+3-axlig skåpvagn
Mercedes 2435M, 6x2	41,6	49.4	18.4	06-89	Skåpbil+3-axlig kapellvagn
Mercedes 2448M, 6x2	41,1	50.1	24.8	06-89	Skåpbil+4-axlig skåpvagn
Scania R 143M, 6x2	39,6	51.5	24.3	10-88	Kapellflak+3-axlig kapellvagn
Mercedes 2244M, 6x2	40,2	50.9	21.9	09-88	Kapellflak+3-axlig kapellvagn
Iveco 190.36, 6x2	39,7	51.2	19.2	08-88	Kapellflak+3-axlig kapellvagn
DAF 95.380, 6x2	38,9	50.5	24.3	05-88	Kapellflak+3-axlig kapellvagn
Volvo F 16	41,3	51.4	21.2	10-87	Skåpbil+3-axlig skåpvagn
Scania R142M, 6x2	39,1	51.8	20.9	08-87	Kapellflak+3-axlig kapellvagn
Mercedes 2244 H, 6x2	43,8	51.4	21.9	08-87	Skåpbil+3axlig skåpbil
Iveco 190-42 6x2	42,3	51.8	18.0	09-86	Kapellflak+3-axlig kapellvagn
DAF 3603 6x2	39,8	51.4	23.6	06-86	Kapellflak+3-axlig kapellvagn
Volvo F12, 6x2	43,3	51.3	23.6	05-86	Kapellflak+3-axlig kapellvagn
Scania R 142 M, 6x2	45,5	51.4	20.7	05-86	Kapellflak+3-axlig kapellvagn
Scania R 142	39,1	50.7	20.7	08-85	Kapellflak+3-axlig kapellvagn
Volvo F 12 F	37,4	51.2	23.6	08-84	Kapellflak+3-axlig kapellvagn
Scania R 142	41,7	51.7	21.8	08-84	Kapellflak+3-axlig kapellvagn
Scania R 112 M	39,6	51.3	22.3	05-84	Kapellbil+3-axlig kapellvagn
Volvo F 10	43,6	51.6	22.9	05-84	Skåpbil+3-axlad kapellvagn
Scania T 142 H	41,7	50.9		11-80	Kapellflak+3-axlig kapellvagn

## Bilaga 3

### Lastbilens testslinga Dalasvängen

**Sträcka 1.** Startplats Raka Vägen Hotell, Västerås. Fulltanka fordonet, montera nytt diagram i färdskrivaren samt notera värden i protokollet. Starta från lastbilsparkeringen, ut på E 18 med kurs Köping / Göteborg. In avfarten till Köping vänster över E 18, vänster i rondell och åter ut på E 18 med kurs Västerås. Passera Västerås mot Enköping. Lämna E18 andra avfarten (efter passage under järnvägen). Höger på rampen (in mot Enköping) och strax vänster ned till Statoil-mack/ Furans värdshus. Stanna i nedför-lutet (kör ej in på macken, låg takhöjd). Läs av tid, körsträcka och bränsle.

Distans 104 km.

**Sträcka 2.** Startplats Statoil/Furan, Enköping. Kör till höger runt industrihus ut på Riksväg 70, passera över E18 med kurs Sala. Vid första rondell i Sala kör höger väg 70 under järnväg (4,5m) kurs Heby. Före Heby kör vänster väg 67 mot Gysinge / Gävle. Några kilometer efter motorstadion / grusgrop / avfart Gävle Flygplats håll höger i T-kors mot Valbo, passera Riksväg 80, rakt fram i trafikljus och sväng höger efter affärscentrum. Stanna längs skogsparti till vänster bortom ”bussgata”. Avläs tid, körsträcka och bränsle.

Distans 140 km.

**Sträcka 3.** Startplats Valbo köpcentrum. Runt köpcentrat, vänster trafikljus och ut på Riksväg 80 mot Hofors/Falun. Genom Hofors. Se upp med ”chikaner”! Efter nedfart ”Ryggen”-backen avfart länsväg 266 ”Hedemora”. Omedelbart i avfarten (före viadukten) rakt över till grusplan. Avläs tid, körsträcka och bränsle.

Distans 73km.

Backprov. Provkörningar i ”Ryggen”-backen. Därefter transportsträcka Riksväg 80 till fordonsvägen före Falun. Kontroll av vikt.

**Sträcka 4.** Efter noterade värden i protokollet start från vägen, ut på Riksväg 80 och förbi lugnet sportcenter. Vid Q8-station och rondell kör höger Riksväg 80 mot Rättvik. Efter naturskön nedfart från Solåsen (varsam körning utför) sväng vänster vid Statoilmack på Riksväg 70 mot Leksand / Borlänge. I Borlänge passera förbi kupolen, över järnväg och omedelbart höger ner till plan vid Svealast. Läs av tid, körsträcka och bränsle

Distans 111 km.

**Sträcka 5.** Start Svealast-terminalen, Borlänge. Riksväg 70 mot Enköping. Efter Hedemora avfart länsväg 270 mot Norberg. I Norberg höger Riksväg 68 mot Fagersta. Pass upp för trång rondell Fagersta. Efter bro över vatten kör vänster Riksväg 65 mot Västerås. Eventuellt stopp för förarbyte eller annat (?) efter Q8-macken. Infarten Västerås kontroll av hastighetsmätare på mätsträcka 500m. 22,5sek är lika med 80km/h. Vid rondell höger in till Raka vägen. Stopp, läs av tid, körsträcka och bränsle.

Distans 143 km.

Tanka fullt för kontroll av bränslemätaren. Plundra färdskrivaren på diagramblad. Notera intryck och synpunkter från testkörningen.

# Bilaga 4

