



Klimatneutrala gods- transporter på väg

– en vetenskaplig förstudie

Förord

En effektivt fungerande godstransportsektor är en nödvändig del av ett modernt tillväxtorienterat samhälle. Samtidigt står godstransporter, så som de bedrivs idag, för väsentliga utsläpp av klimatpåverkande koldioxid. Att minska transporternas klimatpåverkan är en stor utmaning, inte minst på grund av sektorns stora beroende av fossila bränslen. Sedan början av 1990-talet har en rad åtgärder genomförts: fordon och motorer har blivit betydligt bränsleeffektiva, transporterna har effektiviserats och förnybara bränslen har introducerats på marknaden. Men för att en omställning till koldioxidneutrala transporter verkligen ska bli möjlig, krävs fler kraftfulla insatser. Ett utvidgat samarbete mellan transportsektorns olika aktörer, övrigt näringsliv, samhälle och forskning är nödvändigt för att skynda på utvecklingen.

Det är mot den bakgrunden som Göteborgs miljövetenskapliga centrum vid Chalmers och Göteborgsuniversitet, Preem AB, Schenker AB, Volvo Lastvagnar AB och Vägverket startat ett samarbetsprojekt kallat Klimatneutrala godstransporter på väg. Syftet med projektet är att visa hur klimatpåverkan från de vägburna godstransporterna i Sverige kan reduceras genom olika åtgärder och vad de medverkande aktörerna kan bidra med. I fokus för arbetet står effektivare transporter, effektivare bränsleproduktion, effektivare fordon och en ökad användning av förnybara bränslen.

För att få en vetenskaplig grund för samarbetet har denna förstudie genomförts. Rapportens författare är Fredrik Hedenus vid Fysisk Resursteori, Chalmers Tekniska Högskola.

Christer Rydmell

Titel: Klimatneutrala godstransporter

Publikation: 2007:111

Författare: Fredrik Hedenus, hedenus@chalmers.se

Fysisk Resursteori, Chalmers Tekniska Högskola

Utgivningsdatum: 2007:11

Utgivare: Vägverket

ISSN: 1401-9612

1. Inledning

Den senaste rapporten från FN:s klimatpanel slår fast att det är mycket sannolikt att de mänskliga utsläppen av växthusgaser redan har påverkat det globala klimatet. Sedan industrialismens början har den globala medeltemperaturen stigit med 0,6 grader (IPCC, 2007). Om utsläppen fortsätter öka kommer vi de närmaste hundra åren att se en ökning av den globala medeltemperaturen på mellan 2 och 6 grader (IPCC, 2007). Osäkerheterna är dock fortfarande stora om hur mycket klimatet ändras för en viss mängd av utsläppta växthusgaser. I dag släpper en genomsnittlig svensk ut omkring 7,5 ton CO₂-eq/person och år (Naturvårdsverket, 2006). Om den globala medeltemperaturen sannolikt inte ska stiga mer än 2°C jämfört med förindustriell nivå, måste de årliga globala utsläppen år 2050 i genomsnitt ligga under 2 ton CO₂e per person och år. För Sverige utgör det givetvis en stor utmaning, men än större för till exempel USA, som har utsläpp på omkring 25 ton CO₂-eq/person och år.

Den viktigaste växthusgasen som människan orsakar utsläpp av är koldioxid, som står för 79 procent av de klimatpåverkande utsläppen i Sverige i dag (Naturvårdsverket, 2006). De två näst viktigaste gaserna är metan, som främst kommer från idisslare och soptippar, samt lustgas, som i huvudsak kommer från kvävegödsel som sprids på jordbruksmark. Inom transportsektorn utgörs utsläppen av växthusgaser i huvudsak idag av koldioxid, men om andelen biobränsle ökar kommer även utsläppen av lustgas att vara betydande.

Transportsystemets koldioxidutsläpp har ägnats mycket uppmärksamhet i Sverige de senaste åren. Fokus har då främst legat på persontransporter och godstransporter har visats mindre intresse. Detta trots att godstransporter på väg ökar snabbare än persontransporterna på väg. Hela transportsystemet står idag för 30 procent av de svenska växthusgasutsläppen och godstransporter på väg svarar för 6 procent. De senaste åren har dock persontransporternas utsläpp upphört att öka, medan godstransporter på väg ökat sina utsläpp med 8 procent de senaste 15 åren (Vägverket, 2006).

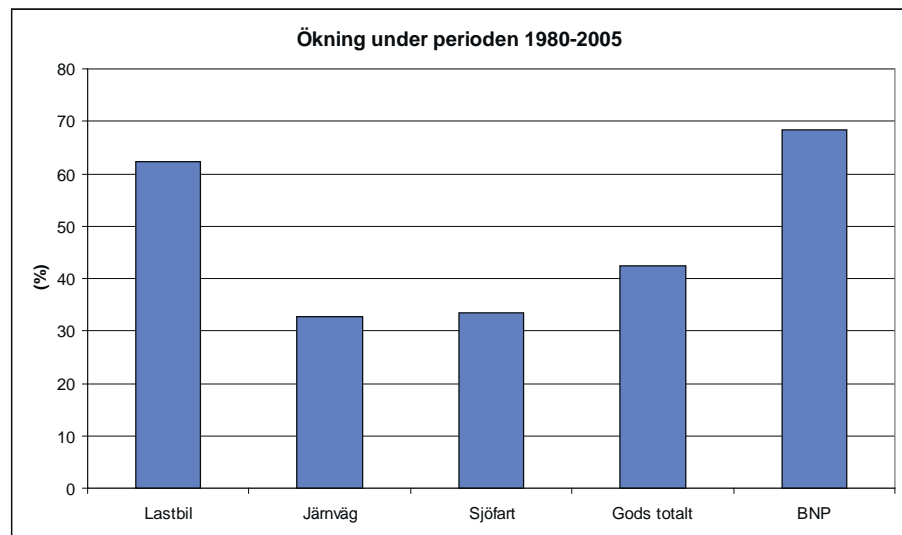
Den stora omställning som klimatfrågan innebär gör att varje sektor måste se över och planera för vilka åtgärder som kan vidtas för att minska utsläppen. I denna rapport kommer godstransporter på väg att studeras. Rapporten är avsedd att främst beröra de åtgärder som är gemensamma för uppdragsgivarna, nämligen Preem Petroleum AB, Schenker AB, Volvo Truck Corp och Vägverket. Därför behandlas i huvudsak logistik, motorer och bränslen. Frågor som har att göra med att byta trafikslag från väg till järnväg eller omlokalisering av industrier ligger utanför denna rapports avgränsningar och kommer endast att beröras ytligt.

Rapporten är strukturerad som följer: Kapitel 2 beskriver godstransporterna i Sverige i dag i sin helhet. Därefter följer en närmare beskrivning av godstransporter på väg och deras utveckling de senaste 20-30 åren. I kapitel 3 diskuteras olika vägar för att på sikt få ner utsläppen av växthusgaser från godstrafiken till nära noll. I kapitel 4 beskrivs potentialen för minskade utsläpp fram till 2015 samt grova uppskattningar av minskningar för perioden 2025-2030. Vidare diskuteras styrmedel och strategiska åtgärder för framtiden.

2. Nuläget

2.1 GODSTRANSPORTER I SVERIGE

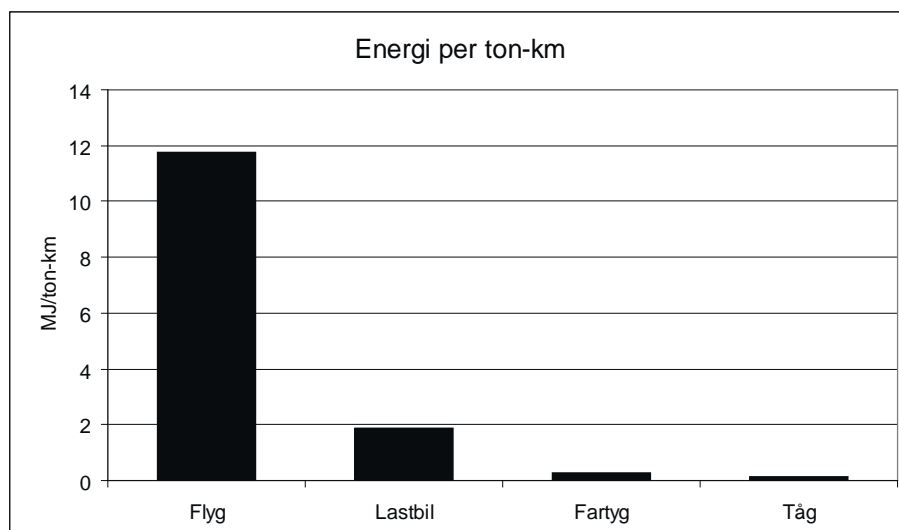
Godstransporter är en viktig del i ett industrialiserat samhälle. Råvaror transporteras till förädling, produkter transporteras i sin tur till underleverantörer som fraktar komponenter till produktionen, som i sin tur behöver transportera slutprodukten till konsumenterna. Avfallet fraktas sedan tillbaka för material- eller energiåtervinning eller deponering. Historiskt sett har också godstransporterna ökat i takt med att ekonomin växt. Sedan 1980 har BNP ökat med 68 procent, och under samma period ökade transportarbetet (mätt i ton-km) i Sverige med 43 procent, se figur 1.



Figur 1. Ökning av BNP samt ökning av transportarbetet för olika trafikslag under perioden 1980-2005 (SCB, 2006; SIKÅ 2005c)

Det finns i huvudsak tre sätt att transportera gods; med lastbil, tåg eller båt. Även flyg används för inrikes transporter, men på grund av de höga kostnaderna är det endast 0,4 procent av godsvikten som transporteras med flyg (SCB, 2001). Ser vi på godstransporter på väg ökade de nästan lika mycket som BNP under perioden, se figur 1, alltså snabbare än godstransporter totalt sett. Det har inneburit att andelen av transportarbetet som sker på väg har ökat från 32 procent 1980 till 37 procent 2005 (SCB, 2005). Det ska dock noteras att med en europeisk jämförelse går en relativt stor andel gods på järnväg i Sverige. Endast de före detta öststaterna når upp till högre nivåer (EEA, 2006).

Lastbilstrafik kräver i snitt 10 gånger mer energi per ton-km än tåg och båt, som framgår av figur 2. Att en större andel av godset nu transporteras på väg har alltså bidragit till att energianvändning i godstransportsektorn som helhet har ökat. Från klimatsynpunkt vore det alltså önskvärt att försöka föra över gods till tåg och båt. Det har emellertid visat sig ganska svårt att föra över stora mängder gods till tåg. Flexibiliteten hos vägtransporter är väsentligt större och det finns ofta kapacitetsbrist på spåren, vilket gör att transporter med järnväg blir relativt långsamma.



Figur 2. Genomsnittlig energi per transportarbete för olika trafikslag (IVA, 2002).

2.2 EFTERFRÅGAN PÅ TRANSPORTER

Den mest miljövänliga transporten är naturligtvis den som inte äger rum. Även om vi har haft en kontinuerlig debatt om onödiga transporter i samhället har transporterna ständigt ökat. En viktig fråga är då vilka möjligheter det finns att nå ett samhälle med mindre, eller åtminstone inte ökande transporter.

Ett område som genererar transporter är system med stora centrala lager i stället för mer decentraliserade lager. Med dagens transportkostnader finns det dock ekonomiska fördelar med ett centraliserat distributions-system jämfört med ett decentraliserat som kräver mindre transporter. För att det skulle vara kostnadseffektivt med en mer decentraliserad struktur har det uppskattats att transportkostnaderna måste öka med mer än 100 procent (McKinnon, 1999).

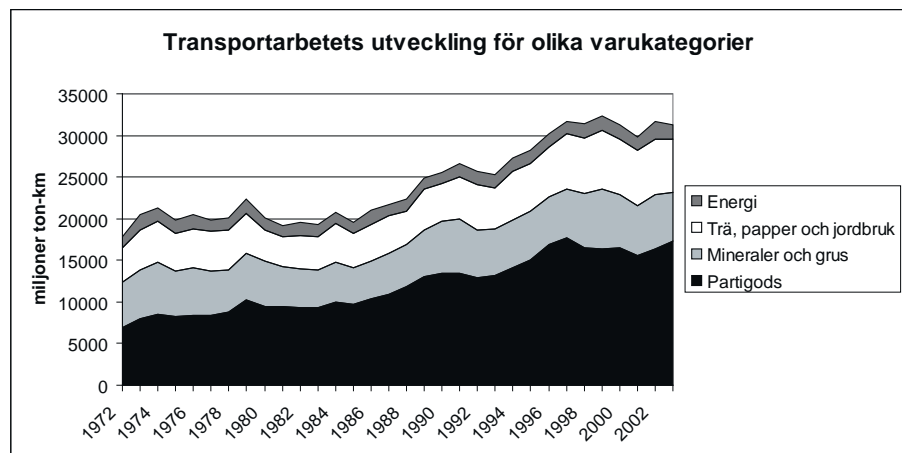
Efterfrågan på transporter drivs också av avståndet mellan produktion, råvaruutvinning och konsumtion. Lokaliseringen av dessa verksamheter är dock i hög grad beroende av andra faktorer än transportkostnader, såsom löner, kunnande och råvarutillgångar i olika regioner och länder. Det har beräknats att för att få väsentligen regionala marknader och därmed mindre transporter, skulle transportkostnaden behöva mer än femfaldigas (McKinnon, 1999). Det ska då noteras att bränslepriset utgör omkring 20-30 procent av kostnaden för godstransporter. För att femfaldiga transportkostnaden behöver alltså bränslepriset bli omkring 20 gånger högre. Med ett så högt bränslepris skulle bränslen med mycket låga utsläpp av växthusgaser bli konkurrenskraftiga. Från ett rent ekonomiskt perspektiv tycks det alltså ligga närmare till hands att förändra det tekniska systemet i grunden än transportstrukturen. Globala godstransporter är därmed något vi sannolikt kommer att få leva med. Dock finns det sannolikt en mindre potential, även med dagens energipriser, att kostnadseffektivt minska efterfrågan på godstransporter genom fysisk planering.

Det framförs ibland att vi är på väg in i ett tjänstesamhälle och att transporter av varor därmed skulle minska. Och det är sant att vi spenderar en större del av vår inkomst på tjänster. Samtidigt är det lättare att ef-

fektivisera varuproduktion än tjänsteproduktion. Det gör att priset på varor sjunker snabbare än priset på tjänster. Detta gör att även om vi spenderar en större andel av våra pengar på tjänster ökar ändå mängden varor vi konsumerar, och dessa behöver transporteras (Kander, 2005). Att få en mer tjänstebaserad ekonomi förefaller i sig alltså inte minska ökningen av godstransporter. Ser vi till utvecklingen i EU de senaste åren så har mängden transporter per BNP ökat mellan 1992 och 2003 (EEA, 2006), detta trots all diskussion om den nya tjänsteekonomin.

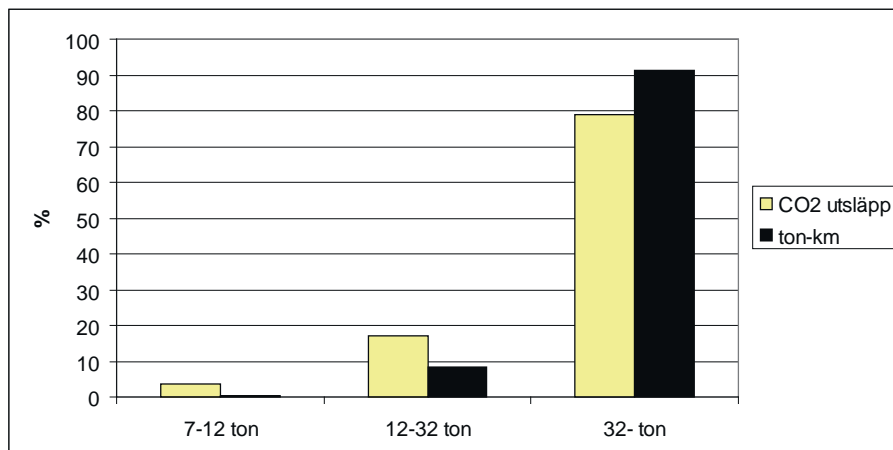
2.3 GODSTRANSPORTER PÅ VÄG

Godstransporter på väg har sin fördel med stor flexibilitet, men nackdelen är de relativt höga utsläppen av växthusgaser per transporterat ton jämfört med transporter på tåg eller båt. Den transporterade godsvikten på väg har minskat i Sverige de senaste 20 åren från 447 miljoner ton 1970 till 349 miljoner ton 2005 (SCB, 2007). Transporterna har emellertid blivit mer långväga, vilket har gjort att antalet ton-km stadigt ökat. Inte bara i Sverige, utan även i EU som helhet finns en stark koppling mellan transportarbetet på väg och ekonomisk tillväxt (Åhman, 2004; Tapio et al 2007). Det kan därför förväntas att transportarbetet kommer att fortsätta öka i framtiden om vi har fortsatt ekonomisk tillväxt. Det är dock skillnad mellan hur mycket de olika varuslagen ökat. Den typ av gods som ökat mest är partigodset, som utgör nästan hälften av allt transportarbete i Sverige (figur 3).



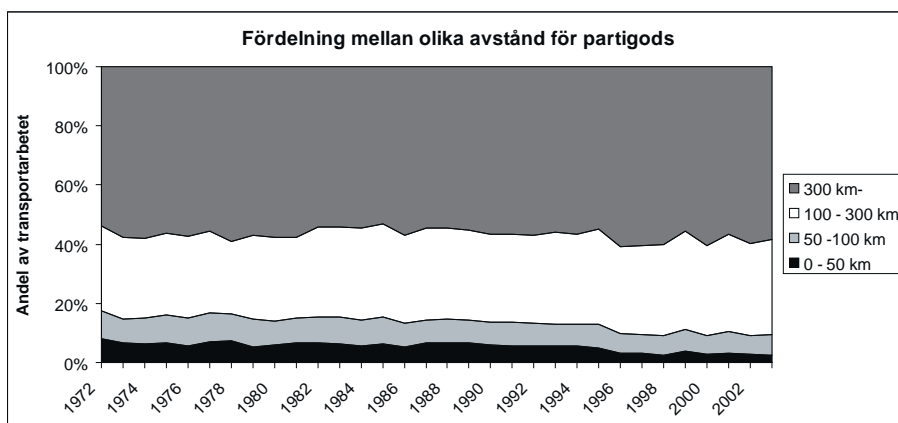
Figur 3. Transportarbetet på väg har nästan fördubblats på 30 år, och mest har partigodset ökat. (SIKA, 2007)

Över 90 procent av transportarbetet i Sverige utförs i dag av tunga lastbilar, i de flesta fall i fjärrtrafik, som framgår av figur 4. Mellanstore lastbilar på 12–32 ton står för omkring 8 procent av transportarbetet, men för 17 procent av utsläppen av koldioxid. Detta har att göra med både att bilarna tar mindre last än de tunga lastbilarna och att de främst kör i stadstrafik där förbrukningen är omkring 25 procent högre per km än på landsväg (Hammarström och Yahya, 2001). Även om de små och medelstore lastbilarna släpper ut mer koldioxid per ton-km, så ligger den stora potentialen i ton koldioxid räknat ändå i riktade åtgärder mot den tunga trafiken.



Figur 4. Andelen i procent av transportarbetet och koldioxidutsläpp fördelat på lastbilsstorlekar. (SIKA 2006b, Vägverket 2006)

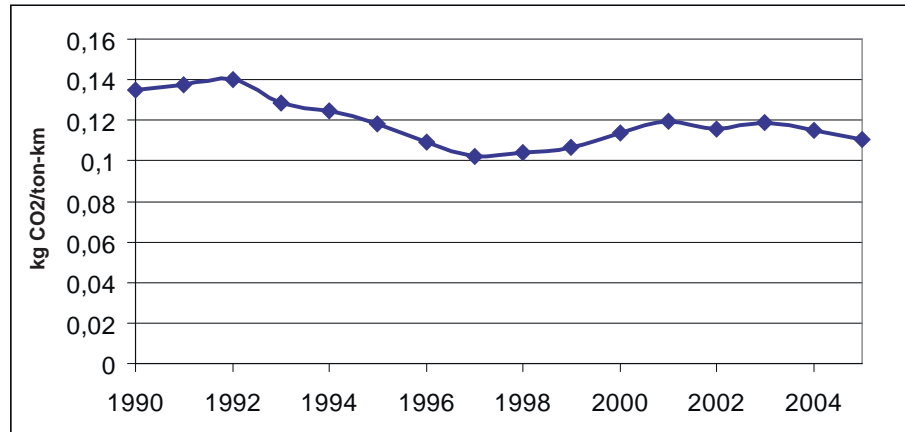
Generellt sker en allt större andel av transportererna på längre sträckor. Det gods som fortfarande främst transporteras korta sträckor på väg är grus och obearbetade mineraliska ämnen. För partigods har främst andelen av transportererna mellan 100 och 300 km ökat, medan andelen av de korta sträckorna har minskat, figur 5.



Figur 5. Andelen av det totala transportarbetet för partigods som transporteras olika sträckor (SIKA, 2007).

En viktig aspekt på hur utvecklingen ser ut för godstransporter på väg är de genomsnittliga utsläppen av koldioxid per ton-km. För en enskild transport kan utsläppen och de specifika omständigheterna skilja sig väldigt mycket mellan transporten av ett ton-km och transporten av ett annat. Men för att studera förändringar i transportsystemet som helhet är ändå måttet ton-km det rimligaste att använda.

Ser vi på vad som hänt historiskt så minskade de genomsnittliga utsläppen av koldioxid per ton-km med nästan 25 procent mellan 1990 och 1997. Därefter tycks dock trenden ha vänt, och sedan har nivån i stort sett stabiliserats under 2000-talet, som framgår av figur 6. Man ska inte fästa för stor vikt vid kortvariga upp- och nedgångar eftersom statistiken kan innehålla felaktigheter. Vi kan dock se att det fanns en nedåtgående trend under 1990-talet som sedan har avstannat.



Figur 6. Genomsnittliga utsläpp av koldioxid per ton-km i Sverige (Vägverket, 2006; SIK, 2007).

Enligt Volvo har lastbilarnas bränsleförbrukning minskat med omkring 19 procent sedan 1990 (Mårtensson, 2006) och data från Vägverket om den faktiska förbrukningen visar på en reduktion på 18–19 procent mellan 1990 och 2006 (Vägverket, 2006). Siffrorna är emellertid inte rakt av jämförbara. Volvos siffror avser förbrukningen mellan en nyproducerad lastbil 1990 och 2006. Vägverkets siffror återspeglar inte bara förbättringar i bilflottan som helhet utan även eventuella förändringar i kör-sätt. Här förefaller dock inga stora förändringar ha skett; exempelvis har lastbilarnas hastigheter på landsväg inte ökat (Vägverket Konsult, 2005). Därmed överensstämmer siffrorna från Volvo väl med den fak-tiska utvecklingen, vilket även antyder att Scania som är den andra stora lastbilsförsäljaren i Sverige haft en liknande effektivitetsutveckling som Volvo. Den minskade bränsleförbrukningen beror dock inte enbart på förändringar i fordonen, utan förbättrade bränslen med lägre halt av främst svavel har också bidragit till ökad fordonseffektivitet.

Den största effektivitetsvinsten tycks ha gjorts mellan 1990 och 2000, medan effektivitetsökningen efter år 2000 bara har varit omkring 5 procent, vilket också överensstämmer med Volvos siffror och den trend vi ser på utsläpp per ton-km i figur 6.

Under perioden har en allt större andel diesel förbrukats av tyngre lastbilar (Vägverket, 2006), dessutom transporteras godset allt längre sträckor. Det innebär att en mindre andel av godset transporteras av mindre bilar i stadsmiljö medan allt mer transporteras av stora lastbilar på landsväg. Detta har bidragit till att de genomsnittliga utsläppen per transportarbete minskat.

Andelen partigods har ökat över tid och denna typ av gods orsakar i medeltal högre utsläpp per ton-km eftersom godset begränsas av volym snarare än vikt. Därmed krävs fler lastbilar för en given vikt än för mindre skrymmande gods. Att andelen partigods har ökat har därför bidragit till att öka de genomsnittliga utsläppen per ton-km.

I början av 1990-talet påbörjades inblandning av biodiesel i vanlig diesel, vilket skulle medföra en sänkning av koldioxidutsläppen. Andelen är dock så låg, under 0,5 procent av den totala dieselanvändningen 2005 (STEM, 2006), att det inte nämnvärt påverkat klimateffektiviteten i transportererna.

Tomkörningsandelen, alltså antalet resor som görs med tomma lastbilar, för svenska lastbilar minskade från 28 procent 1993 till 25 procent 1995,

men har därefter legat relativt konstant (SIKA 2005, pp 75). Den viktigaste logistikvariabeln förutom tomkörning är lastbilarnas fyllnadsgrad. Den genomsnittliga fyllnadsgraden kan uppskattas genom att man dividerar antalet ton-km med antalet körda km för olika storleksklasser på fordon. Inklusiva tomkörningar och viktat med hur mycket gods som transporteras med olika typer av lastbilar får man en genomsnittlig fyllnadsgrad på 34 procent, som har legat konstant mellan 2000 och 2006 (SIKA, 2001; SIKA, 2002; SIKA, 2003; SIKA, 2004; SIKA, 2005b; SIKA, 2006b). Under perioden 1985 till 1995 uppskattas dock att fyllnadsgraden minskade med 4 procent (REDEFINE, 1999).

Historiskt har det alltså skett en trend mot klimateffektivare godstransporter. Den viktigaste orsaken till detta är att lastbilarnas bränsleeffektivitet har förbättrats. Till detta kommer även bidraget av att allt mer transporter sker med stora lastbilar, vilket också har att göra med att transportererna blir allt mer långväga. Logistikförbättringar kan ha bidragit till minskningen under 1990-talet. Förbättringstakten totalt sett har dock minskat de senaste fem åren.

3. Framtiden

För att framtidens godstransporter ska bli koldioxidneutrala krävs en stor omställning av såväl drivlinor och bränsle som effektiviteten i transportererna. I detta kapitel kommer vätgas och bränsleceller samt bio-bränsle att studeras närmare. Det kommer att diskuteras i vilken mån dessa tekniker kan ersätta dagens dieseldominerade system och hur dessa nya tekniker kan göras så klimatneutrala som möjligt. Slutligen kommer även framtida effektiviseringar av godstransporter att diskuteras. Effektiviseringar kommer sannolikt att bli än viktigare om transportererna är klimatneutrala, eftersom kostnaderna för bränslet förväntas vara högre.

3.1 VÄTGAS OCH BRÄNSLECELLER

Vätgas är ingen energikälla utan en energibärare. Vätgasen måste alltså produceras från en energikälla. När väl vätgasen används i en bränslecell består avgaserna av enbart vattenånga. För att vätgasen ska anses klimatneutral krävs dock att den produceras från en klimatneutral energikälla. Det finns i huvudsak tre typer av klimatneutrala energikällor för att producera vätgas: förnybar energi, fossila bränslen med koldioxidlagring och kärnkraft.

Den främsta kandidaten på kort och medellång sikt för storskalig förnybar elproduktion är vindkraft. Vindkraft kommer dock att behöva lagring av energi om den används i stor skala för att kunna användas vid tider då elproduktionen inte fungerar (för lite vind). Man kan använda överskottsel till att klyva vatten till syrgas och vätgas och sedan lagra vätgasen och använda den för elproduktion vid behov. Potentialen för vindkraft i Sverige är omkring 29 TWh el (STEM, 2003) och godstransporter på väg använder i dag ca 16 TWh diesel. Beaktas förlusterna i de olika stegen av energiomvandlingen, samt bränslecellernas högre verkningsgrad, innebär det att 29 TWh vindkraft omvandlat till vätgas skulle kunna försörja nästan dubbla mängden transportarbete av det som utförs i dag.

Fossila bränslen med koldioxidlagring innebär att vi kan fortsätta använda fossila bränslen utan att förorsaka utsläpp av koldioxid till at-

mosfären. Istället för att släppa ut koldioxiden fångas den in och lagras i akvifärer eller uttömda olje- och naturgasfält. För att detta ska fungera krävs dock stora anläggningar; det kommer alltså inte att vara möjligt att fånga in koldioxiden från en enskild bil. Koldioxidinfångning och lagring är fortfarande en teknik under utveckling, men flera pilotprojekt pågår i Europa. Genom att förgasa biomassa kan man också utvinna vätgas med liknande teknik som för fossila bränslen. Det finns dock starka skäl till att det är mer samhällsekonomisk lönsamt att använda biomassas till att framställa ett flytande bränsle än att använda den för att framställa vätgas.

Slutligen kan vätgas produceras från kärnkraft. Potentialen här är stor och kostnaden relativt låg. Frågan om kärnkraftens framtid är i hög grad politisk då det gäller att ta ställning till problemen med avfall, olycksrisken samt den ökade risken för spridning av kärnvapen vid en global användning av tekniken.

3.1.1 BRÄNSLECELLER OCH LAGRING AV VÄTGAS

I en bränslecell förbränns inte vätgasen, utan elektricitet produceras genom en kemisk reaktion. Man kan få ut en maximal verkningsgrad för vätgas i bränsleceller på omkring 60 procent (Jeong och Oh, 2002), som ska jämföras dieselmotorns maximala verkningsgrad, drygt 50 procent. Dessutom har bränslecellen en hög verkningsgrad i ett större intervall av laster, medan dieselmotorns verkningsgrad snabbt sjunker vid låga laster. Sammantaget innebär det att effektivitetsvinsten är större för distributionstrafik än för fjärrtrafik.

Ett avgörande problem med vätgas är att den har låg energitäthet. Det innebär att vätgasen måste lagras under högt tryck eller vid $-253\text{ }^{\circ}\text{C}$ för att den ska bli flytande, vilket är en förutsättning för att man ska få rimlig räckvidd på en tankning. Tryckbehållare eller tankar som kan hålla så låga temperaturer blir både skrymmande och tunga. Tanksystemet för trycksatt vätgas skulle kräva omkring $7,5\text{ m}^3$ för en lastbil i fjärrtrafik om räckvidden skulle vara densamma som idag, medan motsvarande för flytande vätgas skulle vara $1,7\text{ m}^3$ (Baserat på Burke och Gardiner, 2005 och IEA, 2005).

Det krävs dock stora mängder energi för att få vätgasen flytande, omkring 30 procent av energiinnehållet, medan motsvarande siffra för vätgas under 700 bars tryck är 10 procent (Bossel och Eliasson, 2003). Det finns även forskning på att binda vätgasen till metallhybrider, men det förefaller i dagsläget vara ett mindre lovande alternativ (Burk och Gardiner 2005). Att distribuera trycksatt vätgas eller flytande vätgas ställer också stora krav på tankbilar eller pipelinesystem. Man kan därför förvänta sig en del energiförluster och dessutom relativt höga kostnader för distributionen (Bossel och Eliasson, 2003).

Förutom frågan om lagring av vätgasen finns det ett antal barriärer till en storskalig spridning av bränsleceller. I dagsläget är medellivslängden på en bränslecell i ett fordon omkring 10 000 mil, vilket är för kort för att det ska kunna fungera i yrkestrafik (IEA, 2005). Även kostnaden för bränsleceller är ett hinder. I dagsläget är bränsleceller mer än 40 gånger dyrare än en personbilmotor. IEA:s uppskattningar är att skillnaden kan reduceras väsentligt de närmaste 30 åren, från att vara 40 gånger dyrare till bara 3 gånger dyrare, eller enligt den mest optimistiska uppskattningen lika dyr som en förbränningsmotor (IEA, 2005). Helt klart är dock att det krävs omfattande forskning och utveckling för att nå dit på 30 år.

3.1.2 BRÄNSLECELLER FÖR LASTBILAR

Det finns alltså viktiga barriärer mot att använda vätgas för godstransporter. Om de kostnadsmissiga hindren mot bränsleceller övervinns kan vätgasdrivna bränsleceller vara en intressant lösning för distributionsstrafik. Kravet på räckvidd är inte lika stort, vilket gör att vätgastankar med 700 bar kan bli en rimlig lösning. Dessutom vinner man mer på verkningsgraden än vad som är fallet för lastbilar i fjärrtrafik. För fjärrtrafik kommer det sannolikt att krävas lagring av flytande vätgas. Det innebär stora energiförluster i distributionsledet, vilket även spär på kostnaden. Effektivitetsvinsten jämfört med dieselmotorn är dessutom mindre. Det verkar därför vara svårt att använda vätgas med bränsleceller för fjärrtrafik.

3.2 BIOBRÄNSLE

3.2.1 KLIMATNEUTRALA BIODRIVMEDEL

Det finns en mängd olika typer av biobränsle som kan användas för godstransporter. Flytande biodrivmedel har två viktiga fördelar gentemot vätgas och bränsleceller; dels är det energitäta bränslen och dels kan befintlig teknik för motorn användas. Det är dock svårare att garantera att biodrivmedel är klimatneutrala och att de i framtiden finns i tillräckliga mängder.

Fyra villkor måste vara uppfyllda för att ett biodrivmedel ska kunna anses klimat neutralt. För det första måste lika mycket ny biomassa växa upp som man skördar, det måste alltså vara ett kretslopp av koldioxid. För det andra får inte odlingen minska mängden kol i marken. För det tredje måste den energi som används för att producera bränslena vara klimatneutral. Det handlar om drivmedel som används av redskap och transporter, energin till kvävegödsel samt energin som används i produktionsanläggningarna. För det fjärde måste utsläppen av andra växthusgaser än koldioxid, främst metan och dikväveoxid, vara låga eller kompenseras på annat sätt.

Ett lämpligt bränsle för framtiden kräver dock mer än låga eller inga utsläpp av växthusgaser. Markeffektivitet är också ett viktigt kriterium. Om världen kommer att sträva efter låga utsläpp av koldioxid innebär det att efterfrågan på biobränsle kommer att öka, vilket i sin tur ökar efterfrågan på mark. Högre efterfråga på mark innebär både att matpriserna stiger och att det blir mer intressant att hugga ner naturskog för att få ny åkermark.

Kopplat till markeffektivitet är att bränslet måste ha en potential som kan täcka en större del av världsmarknaden. Det är inte realistiskt att det i Sverige finns en särlösning för godstransporter. Det skulle medföra alltför stora kostnader. Det finns emellertid god möjlighet att lokalt använda resurser som biogas, men dessa alternativ kommer inte att kunna stå för lejonparten av framtidens godstransporter i Sverige.

3.2.2 ANALYS AV BIODRIVMEDEL

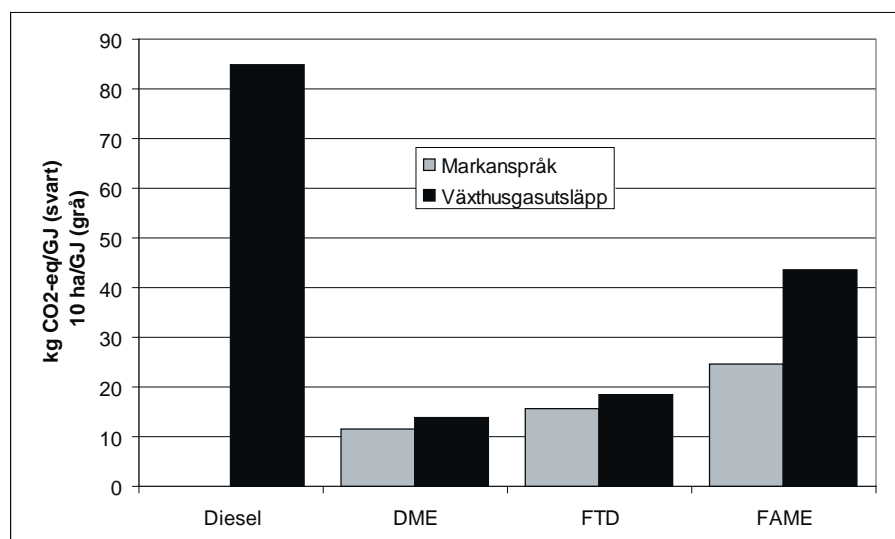
De biobränslen som är aktuella som drivmedel för dieselmotorer är biodiesel, det vill säga FAME, fatty acid metylester, som tillverkas av olika typer av oljeväxter, i dagsläget främst raps. När det produceras från raps kallas bränslet RME, rapsmetylester. Det är även möjligt att hydrera vegetabiliska och animaliska oljor till ett bränsle som är mycket likt diesel. Det finns väldigt lite publicerat material om dessa oljor, men det som finns antyder att livscykelutsläppen är något lägre än för FAME (UOP, 2005). På grund av brist på material kommer dock inte hydrerade oljor

att behandlas i detalj här. På utvecklingsstadiet finns två andra bränslen som bygger på förgasning av vedråvara, nämligen Fischer-Tropsch-diesel (FTD) och dimetyleter (DME).

FAME och FTD kan blandas in i vanlig diesel och användas i vanliga dieselmotorer, möjligen med mindre modifikationer. DME är ett gasformigt bränsle, som blir flytande redan vid 3-5 bars tryck. Det kan därför relativt enkelt lagras och transporteras, även om det inte kan blandas in i konventionell diesel. DME kräver dock en något modifierad dieselmotor samt en speciell typ av tank.

I figur 7 redovisas drivmedel i utvunnen energi per markenhet samt utsläpp av växthusgaser i ett system där alla drivmedel som behövs för produktionen kommer från biobränsle och där el och värme produceras från ved. Alla restprodukter från produktionen antas också användas som bränsle för värme och elproduktion. Detta är ett rimligt antagande när vi analyserar vad som är hållbart på sikt. På kort sikt och i mindre mängder kan FAME visa bättre miljöprestanda eftersom man får djurfoder som restprodukt som kan ersätta import av soja. Det finns dock inte avsättning för allt djurfoder om en stor del av europeisk godstrafik skulle använda FAME. Motsvarande fenomen återfinns för DME och FTD som kan utvinnas ur förgasad svartlut, som är en restprodukt från kemisk pappersmassa, till lägre kostnad och med bättre miljöegenskaper än om träråvara används. Återigen är potentialen för svartlut för liten för att kunna förse en stor del av EU:s drivmedel för godstransporter.

Beräkningen i figur 7 ska inte ses som exakt, men den inbördes relationen mellan bränslen torde vara korrekt. Det bränsle som har lägst utsläpp av växthusgaser samt lägst markanspråk är DME. FAME:s utsläpp är bara hälften av vanlig diesel, trots att alla insatser till FAME är från biobränsle. Det beror främst på relativt stora utsläpp av N₂O från jordbruket där rapsen odlas. Dessutom förekommer vissa metanutsläpp i processen (Concawe, 2006).



Figur 7. Växthusgasutsläpp och markanspråk per GJ bränsle för olika drivmedel. Transporter anses ske med samma bränsle som kalkylen avser, och alla restprodukter används för energiändamål. Baserat på Johansson och Sanden (2004) och Vägverket (2001).

3.2.3 POTENTIAL OCH KONKURRENS OM BIOMASSA

Bioenergi är en förnybar resurs men inte därmed oändlig. Jag kommer här att diskutera framtida potential för biodrivmedel. Produktiv mark är begränsad på jorden och den ska i en framtid med bioenergi inte bara försörja världen med mat utan också med energi. Det finns därför grundläggande problem med att göra potentialuppskattningar. Viktiga okända parametrar är den framtida betalningsviljan för mat jämfört med energi, hur mycket naturvårdsintressen skyddas och hur mycket man tillåter intensifiering av jordbruk och skogsbruk genom exempelvis gödning. Likaväl görs här en grov skattning.

Sveriges vägtransportsektor använder idag totalt 86 TWh varav gods-transporter utgör 15 TWh. Potentialen för raps till RME i Sverige uppskattas till omkring 1 TWh 2020 (STEM, 2007b). Även på EU-nivå är potentialen för rapsodling mycket begränsad (Concawe, 2006). Vegetabiliska oljor kan också importeras från andra delar av världen. Det finns dock risk att importen utgörs av palmolja från Sydostasien. Det är väl känt att utbredningen av palmoljeplantager bidrar till att regnskog huggs ner, vilket innebär stora utsläpp av koldioxid (Hooijer et al, 2006). Att öka inblandningen av biobränsle genom att importera palmolja kan därmed åtminstone på kort sikt öka utsläppen av koldioxid snarare än att minska dem.

När det gäller DME och FTD så kan dessa produceras dels från ved och dels från svartlut, vilket har väsentligt större potential än raps från åkermark. År 2020 uppskattas det finnas omkring 45 TWh svartlutar i Sverige (STEM, 2007b) som skulle kunna ge 20-30 TWh fordonsbränsle. Svartluten används i dag till kraft och värmeproduktion. Alltså måste den energin ersättas med något annat om svartluten i stället används för drivmedelsproduktion.

Kommissionen mot oljeberoende (2006) uppskattar att det till 2050 skulle kunna tillföras omkring 110 TWh mer inhemsk bioenergi än idag. Om all denna biomassa skulle omvandlas till drivmedel skulle det ge omkring 55 TWh drivmedel. Detta skulle kunna täcka framtidens drivmedel för godstransporter, men inte efterfrågan från vägtransportsektorn som helhet.

Bioenergi handlas dock i dag globalt och det finns därmed möjlighet att importera bioenergi från andra delar av världen. Men övriga delar av världen kommer också att göra anspråk på den bioenergin, i synnerhet då fler länder börjar bedriva seriös klimatpolitik. Det är inte heller bara godstransporter som kommer att efterfråga bioenergi i framtiden. Bioenergi kan användas till att generera såväl värme och el som drivmedel för persontransporter och flyg. Globala kostnadseffektivitetsstudier vid strikta klimatmål har visat att bioenergin snarare är kostnadseffektiv att använda för uppvärmning och processvärme än för biodrivmedel (Azar et al, 2003). Studien visar att det är kostnadseffektivt att använda bensin och diesel i transportsektorn fram till omkring 2050, varefter den ersätts med vätgas. Som vi dock har visat är inte vätgas ett särskilt attraktivt alternativ för fjärrtransporter, vilket gör att biodrivmedel kan vara ett aktuellt alternativ för fjärrtransporter även när det är hård konkurrens om bioenergin.

3.3 HYBRIDER OCH PLUG-IN-HYBRIDER

Hybridisering är ett sätt att öka effektiviteten hos motorer och därmed minska bränsleförbrukningen. Den viktigaste skillnaden mellan hybridlastbilar och konventionella lastbilar är att hybrider har ett större bat-

teri och en större generator. Hybridtekniken sparar bränsle på tre sätt: förbränningsmotorn har låg effektivitet vid låga laster. Genom att ligga på hög last, fast bilen inte behöver det för drift, och genom att batteriet laddas med överskottsenergin ökar medelverkningsgraden på motorn. Den lagrade energin i batteriet kan sedan användas vid krypkörningen eller då motorn behöver mycket effekt, som vid acceleration. Slutligen kan bromsenergin återvinnas och lagras i batteriet. Simulering av hybridbilar visar på besparingar på omkring 25 procent i stadstrafik för medeltunga lastbilar (An et al, 2000), uppskattningar för tunga lastbilar visar på besparingar på omkring 34 procent i stadstrafik och 7 procent på landsväg jämfört med i dag (Muster, 2000).

Hybridtekniken kan också kombineras med bränslecellsmotorer. Vinsten ligger då främst i att bränslecellen kan vara något mindre genom att extra effekt i stället tas från batteriet vid acceleration. Vinsten i ökad effektivitet kommer främst från att bromsenergin kan återvinnas, vilket kan öka effektiviteten med omkring 12 procent (IEA, 2005). Att det blir en mindre vinst jämfört med förbränningsmotorer beror på att bränslecellerna har hög verkningsgrad i ett större intervall av laster än vad förbränningsmotorn har.

Hybridtekniken kan tas ett steg längre genom att man inkluderar ett större batteri som kan laddas från elnätet, så kallade plug-in-hybrider. Det gör att det är möjligt att köra på ren eldrift i stadstrafik, medan förbränningsmotorn används för längre transportsträckor. För att klara 50 km ren eldrift krävs ett batteri på ungefär 2500 kg för en medeltung lastbil (An et al 2000). Det innebär att räckvidden som behövs för att kunna klara fjärrtrafik med eldrift, det vill säga runt 1000 km, ligger utanför vad som är möjligt med dagens och sannolikt även framtidens batteriteknik.

Om elenergin produceras på ett klimatneutralt sätt, det vill säga med förnybar energi, fossila bränslen med koldioxidlagring eller kärnkraft, kommer eldriften av bilen att vara klimatneutral. Dessutom finns det vinster att göra för den lokala luftmiljön. Man kan därmed se plug-in-hybrider som drivs delvis på biobränsle och delvis på elektricitet från nätet som ett attraktivt klimatneutralt alternativ för stadsdistribution.

3.4 EFFEKTIVARE TRANSPORTER

Oavsett om man ser en framtid med biodrivmedel eller med vätgas och bränsleceller för godstransporter kommer ökad effektivitet att vara centralt för godstransportsystemet. Hög effektivitet vad gäller fordonet blir särskilt betydelsefullt för bränslecellsfordon eftersom det minskar kravet på utrymmet för vätgaslagring. Åtgärder för sparsam körning, minskat luftmotstånd och rullmotstånd samt effektiva motorer är därmed alla centrala.

Uppskattningar av den tekniska potentialen för effektiviseringar utöver själva motorn visar på potentiellt 30 procent minskad bränsleförbrukning genom minskad vikt och minskat luftmotstånd. Spoiler på ekipagen kan innebära effektiviseringar på 4–8 procent och genom utveckling av däck kan bränsleförbrukningen minska med mellan 5 och 15 procent, även om det i vissa fall sker till priset av sämre trafiksäkerhet (Nylund, 2006).

Både vätgas och biobränsle kommer dessutom att vara mycket dyrare än dagens drivmedel och därmed blir effektiv logistik ännu mer betydelsefull. Det finns en stor potential i att göra logistiksystemen väsentligt effektivare, även om det samtidigt finns stora barriärer för att detta ska

kunna ske. Modellering av grossistverksamheten med frukt och grönt i Stockholm visade att man skulle kunna reducera antalet fordons-km med 50 procent i ett optimerat system. Det är dock svårt att få små distributionsföretag att samarbeta på ett sätt så att ett optimalt system kan realiseras. Detta har inte minst visats genom att de pilotprojekt med samdistribution som genomförts i Europa och Sverige har avslutats efter projekttidens slut (Blinge och Svensson, 2006). Det är dock möjligt att ökade transportkostnader skulle kunna ändra på detta i framtiden.

E-handel har också en potential att väsentligt reducera transportererna vid köp av dagligvaror och sällanköpsvaror. E-handel innebär dock inte nödvändigtvis att transportererna blir energieffektiva. Viktiga villkor är att tillräckligt många använder e-handel så att fyllnadsgraden på distributionslastbilarna kan hållas hög, eller att olika branscher samlar gods. Dessutom krävs effektiva system så att leverans till hemmet inte bygger på att kunderna nödvändigtvis måste vara hemma vid leverans (Browne, 2001). Ett välutbyggt och optimerat system för e-handel har dock potentialen att reducera transportererna till kunden väsentligt.

Vedtransporter, som kan tyckas vara ett relativt enkelt system jämfört med stadsdistribution, har genom avancerad optimering visats kunna bli uppemot 15 procent effektivare (FoF, 2006; Palmgren, 2005). Denna typ av potential finns sannolikt för all typ av godstrafik. Det krävs dock avancerade optimeringsalgoritmer för utnyttja potentialen fullt ut, men om dessa i framtiden får spridning bland transportföretagen finns sannolikt betydande vinster att göra.

Den stora potentialen för energieffektivare transporter ligger dock utanför denna studies omfång, nämligen samhällsplanering och byte till andra trafikslag. Om samhället planerades så att det transporterades lika mycket in till ett område som från samma område, skulle tomkörningarna idealt kunna elimineras. Om man dessutom förband dessa områden med effektiva båt- eller tåglinjer skulle energin som krävs dessutom minskas betydligt. En så väl utformad samhällsplanering är dock svår, för att inte säga omöjlig, att uppnå.

4. Från nutid till framtid

4.1 STRATEGI FÖR KLIMATNEUTRALA GODSTRANSPORTER

För att nå klimatneutrala godstransporter på väg krävs det olika typer av åtgärder i dag. Strategin för att nå målet kan man se i tre steg:

1. Effektivare transporter: utveckling av effektivare logistiksystem som minskar det totala transportarbetet och förändrat körsätt som minskar bränsleanvändningen.
2. Effektivare fordon: förbättrade motorer, kombinerade med hybridteknik, särskilt för distribution, minskat luft- och rullmotstånd samt utveckling av bränslecellsteknik
3. Nya bränslen: inblandning av FAME, utveckling och demonstration av teknik för förgasningen av biobränsle för att kunna producera DME och Fischer-Tropsch-diesel, forskning på bränsleceller och lagring av vätgas för att få ner kostnaderna och energiförlusterna i systemet.

I detta avsnitt kommer en mängd olika åtgärder att beaktas inom dessa tre områden. Åtgärder inom vart och ett av områdena kommer att diskuteras och beräkningar för minskningspotential till 2015 kommer att redovisas. För att uppskatta åtgärdernas mer långsiktiga potential görs också grova uppskattningar för 2025–2030. Dessutom kommer resonemang att föras om hur dessa åtgärder på sikt kan leda mot klimatneutrala godstransporter samt vilka styrmedel som kommer krävas för att åtgärderna ska kunna realiseras.

4.1.1 METOD

Att beräkna potentialen för minskningar har sina metodproblem. Det jag försöker göra här är att uppskatta hur mycket som är rimligt att minska utsläppen när man beaktar trögheten i nya investeringar, ekonomiska förutsättningar och teknisk utveckling. Teoretiskt är potentialen givetvis större. Om alla lastbilar byttes ut över en natt skulle bränsleförbrukningen kunna minskas snabbare. Eller om ett logistikföretag ansvarade för alla transporter och optimerade hela systemet skulle avsevärda minskningar av transportererna ske. Men dessa teoretiska beräkningar har relativt lite att göra med vad som verkligen kan uppnås på kort sikt.

För att beräkna potentialen för utsläppsreduktioner till 2015 måste en del antaganden göras. Beräkningarna utgår från effektiviseringar per ton-km transporterat gods.

I beräkningarna antas transportstrukturen vara densamma som i dag, alltså fördelningen mellan olika storleksklasser på lastbilar och mellan varuslag. Vidare antar jag i basfallet att utsläppen per ton-km är oförändrade även in i framtiden. Under 1990-talet fanns det en neråtgående trend, men minskningen tycks i stort sett ha avstannat under 2000-talet.

Olika åtgärder riktas mot olika delar i transportsystemet. Därför är det viktigt att i en del fall ta i beaktande koldioxidintensiteten, det vill säga utsläppen av koldioxid per ton-km transporterat gods, i olika delar av transportsystemet. I beräkningarna korrigerar jag för skillnaden i koldioxidintensitet mellan distribution och fjärrtrafik samt för att partigods är skrymmande vilket gör att koldioxidintensiteten för denna typ av gods är högre än för motsvarande icke-skrymmande transport. Partigods viktas upp med en faktor på 1,4 baserat på data från Schenker (Ljungren, 2007).

Utifrån dessa antaganden görs beräkningar av hur många procent utsläppen kan minskas till 2015 om åtgärden införs. Eftersom jag antar att strukturen på godstransporter är den samma som i dag är de faktiska utsläppsminskningarna i kton CO₂ endast beroende på ökningen av efterfrågan på godstransporter till 2015.

En viktig aspekt som inte beaktas i beräkningarna är den så kallade rekyleffekten. Rekyleffekten innebär att när exempelvis logistiken effektiviseras medför det också att priset på transporter blir lägre jämfört med om effektiviseringen inte ägt rum. Detta gör i sin tur att efterfrågan blir högre på transporter, om inte andra förändringar som skatter införs. Alltså äts en del av effektiviseringen upp av ökad efterfrågan. Detta gäller för en del av de åtgärder som studeras här, vilket gör att uppskattningarna tenderar att överskatta den effekt vi kan komma att se i verkligheten.

4.1.2 EFFEKTIVA TRANSPORTER

Samordning av lastbilstransporter

Godskollektivlösningar har potential att effektivisera en del av godstra-

fiken i Sverige. År 2005 utfördes 41 procent av transportarbetet av firmabilar och bilar i egenförmedling (SIKA, 2006b), där det sker en mycket begränsad samlastning med andra aktörer. Om en del av det godset i stället fördes över på förmedlande företag skulle fyllnadsgraden i bilarna öka och därmed utsläppen minskas. De godstyper som skulle kunna föras över till godskollektivtrafik är främst partigods som fraktas kortare än 10 mil. Partigods av denna typ utgör 4,2 procent av det totala transportarbetet, och jag antar att firmabilar och bilar i egen förmedling har samma andel av detta gods som det totala. Dessa transporter sker främst i stadsmiljö, och godset är skrymmande vilket gör att de viktas upp jämfört med snittransporten. 25 procent av detta gods skulle kunna föras över till godskollektivtrafik där effektiviteten i transportererna kan antas vara 20 procent högre (Schenker Consulting, 2003). För att detta ska kunna ske krävs högre transportkostnader och eller att godskollektivtrafiken gynnas med exempelvis bättre framkomlighet i städer. Om riktade åtgärder satsas på godskollektivtrafik och potentialen ovan realiseras skulle koldioxidutsläppen från godstransporter på väg kunna minskas med 0,3 procent 2015 jämfört med ett basfall.

Förbättrad fordonstyrning

Den nya informationsteknologin ger möjligheter till bättre logistiksystem. GPS-sändare i bilarna ger trafikplanerare full information om var bilarna är, vilket kan kompletteras med information om fyllnadsgraden i de olika bilarna. Detta är värdefull information för trafikplanerarna. Dessutom kan ruttplaneringsprogram användas för att optimera mer komplicerade logistiksystem. Genomförda projekt i olika företag visar att besparingar på omkring 10–15 procent av körsträckan kan uppnås genom att använda IT-system, (Swahn, 2007), medan Schenker Consulting snarare uppskattar potentialen till 5–10 procent (Ljungren, 2007). Återigen är det transporter av partigods på kortare sträckor än 10 mil som främst kan effektiviseras med denna typ av system. Om en effektivisering på 10 procent antas, samt godset viktas upp då det är relativt skrymmande ger detta en potential på en minskning av utsläppen med 0,6 procent.

Ecodriving

Ecodriving har en relativt stor bränslebesparingspotential. Det krävs dock en mängd åtgärder för att få till stånd ett mer bränslesnålt körsätt på sikt. Utbildning i ecodriving har visat att man kan nå minskad bränsleförbrukning på 10–20 procent, men långtidsuppföljning visar att besparingen på sikt snarare blir 3–6 procent (Vägverket, 2004). Genom att införa bränslerådgivande system har det dock visats att en högre grad av besparing kan uppnås även på längre sikt. Lackéus (2007) uppskattar att besparingen i genomsnitt på fjärrtrafik uppgår till mellan 6 och 12 procent, medan besparingen för distributionstrafik är något högre, 9–15 procent. Dessa system blir också effektivare om de följs upp med utbildning och incitamentssystem. Resultat från sparcoach-projektet, där man arbetar med motivations- och uppföljningsåtgärder, visar på besparingar för lastbilar på mellan 2 och 12 procent (Jonsson-Rynbäck, 2007).

En del i ecodriving är att inte överskrida hastighetsbegränsningarna. Detta kan underlättas genom att man ändra hastighetsregulatorn från maximalt 89 km/h till 84 km/h. På 90-vägar kör i dag 70 procent av lastbilarna med släp i snitt 6 km/h för fort, och på 110-vägarna kör 87 procent i medeltal 7,5 km/h för fort (Vägverket Konsult, 2005).

Jag tänker mig här ett scenario där hastighetsregulatorn sänks, vilket i sig skulle ge en besparing på 2 procent av bränslet, obligatoriskt bräns-

leinformationssystem införs i alla bilar före 2015, samt att åkeriföretagen satsar på utbildning och incitamentsprogram. I dag har 16 000 förare redan genomgått utbildning i ecodriving i Sverige. Utbildning är dock en liten del av hela potentialen för besparingar genom ecodriving. Utifrån detta uppskattar jag att 20 procent av potentialen redan är utnyttjad i dag. I detta fall skulle den totala besparingen av ecodriving kunna uppgå till 5,2 procent av bränslet till 2015.

Roadtrain

Sverige och Finland tillåter i dag längre och tyngre lastbilar än övriga EU. Lastbilar som fraktar emballerat gods utnyttjar emellertid sällan hela kapaciteten vad gäller totalvikt eftersom godset har relativt låg densitet. Om man skulle acceptera fordon med ytterligare en trailer, så kallade roadtrains, men inte högre totalvikt, på särskilt utvalda vägar utan mötande trafik, skulle detta innebära att färre lastbilar skulle behöva trafikera vägarna. De vägar som främst är aktuella är motorvägarna mellan storstadsområdena. Baserat på data från 2001 uppskattas att 40 procent av transportarbetet på väg sker mellan storstadsregionerna och mellanliggande regioner (baserat på SIKA, 2005a). Vidare utgör partigods omkring 41 procent av godset på väg, och av detta anses 40 procent kunna överföras till roadtrains. Idealt innebär ytterligare en trailer att man kan minska antalet lastbilar med 30 procent. Antar vi en ökad bränsleförbrukning med 15 procent innebär detta en besparingspotential på 2,7 procent.

4.1.3 EFFEKTIVARE FORDON

Minskad bränsleförbrukning

Det finns tre huvudsakliga sätt att minska bränsleförbrukningen i en lastbil: minskat luftmotstånd, minskat rullmotstånd samt effektivare förbränningsmotor. Muster (2000) beräknar genom modellering att effektiviseringspotentialen från år 2000 till 2020 för lastbilar på 40 ton. Han visar på en potential för minskat luftmotstånd på 10 procent; läggs lägre rullmotstånd till kan förbrukningen minskas med 22 procent. Vidare kan minskat motstånd tillsammans med en effektivare motor innebära en effektiviseringspotential på 32 procent. Volvo beräknar en bränsleeffektivisering på 15 procent från i dag till 2020 (Mårtensson, 2006) genom åtgärder som gäller såväl motor som rull- och luftmotstånd. Om man tar hänsyn till de förbättringar Volvo redan gjort sedan år 2000 men använder Musters uppskattningar kan potentialen från 2006 till 2020 beräknas till 19 procent. Med andra ord finns det god överensstämmelse mellan Musters arbete och Volvos uppskattning. Jag antar att de bilar som säljs mellan 2010 och 2015 är i snitt 10 procent effektivare än dagens bilar. Om man beaktar omsättningen på lastbilsflottan innebär det en minskning av utsläppen med 4,8 procent till 2015.

Hybridlastbilar

Under perioden fram till 2015 kommer hybridlastbilar för distribution att kommersialiseras. Volvo kommer till exempel att lansera en hybridlastbil 2009. Hybridlastbilar förbrukar omkring 25 procent mindre bränsle i stadstrafik. Med ett högt antagande om att i snitt 20 procent av alla distributionslastbilar från 2010 som säljs är hybridbilar innebär det en minskning av utsläppen med 0,3 procent fram till 2015.

4.1.4 NYA DRIVMEDEL

Inblandning av FAME och hydrerade oljor

Fram till augusti 2006 var det endast tillåtet att blanda in 2 procent FAME i dieseln enligt den svenska MK1-standard, men regler tillåter

i dag inblandning på upp till 5 procent. Dessutom pågår ett arbete inom EU med att se om det är möjligt att tillåta upp till 10 procent inblandning.

Det finns även ny teknik som innebär att syret tas bort från vegetabiliska oljor genom att man tillför vätgas, så kallad hydrering av oljor. På det sättet får man så kallad grön diesel, ett bränsle som är mycket likt konventionell diesel men med biologisk bas. Preliminära analyser visar att utsläppen av växthusgaser är lägre för hydrerade oljor än för FAME, och att kostnaderna dessutom är lägre (UOP, 2005). Det ska dock noteras att FAME och grön diesel konkurrerar om samma råvara, och den är tämligen begränsad som vi såg i avsnitt 3.2.3.

Ett optimistiskt antagande är att 2015 består 10 procent av dieseln av FAME och hydrerade oljor. Detta förutsätter omfattande import och att den globala konkurrensen inte blir för stor om oljorna. FAME har liksom hydrerade oljor betydande utsläpp av växthusgaser vid odling och produktion. RME, som är den vanligaste FAME:n i dag, orsakar utsläpp vid odling, tillverkning och transporter på omkring 50 g CO₂-eq/MJ, mot dieseln 14 g CO₂/MJ för utvinning och raffinering plus 73 g CO₂/MJ när den förbränns (Concave, 2006). Att öka inblandningen från 2 till 10 procent innebär en reduktion av växthusgasutsläppen på 4,6 procent.

Biogas

Biogas framställs ur organiskt material såsom gödsel eller avfall genom rötning. 10 procent av biogasen som produceras i Sverige uppgraderas till ren metangas som fungerar som fordonsbränsle (Eriksson och Olsson, 2007). År 2005 utgjorde biogas 0,2 procent av bränslet som användes av vägtransporter i Sverige (STEM, 2006). Huvuddelen av biogasen används av lokalbussar, och en mindre del av sopbilar, taxibilar och privatbilar. I städer där det finns distributionssystem för biogas utbyggda kan man tänka sig att en del av den lokala distributionen också kan skötas med lastbilar drivna på biogas. Produktionen av biogas för drivmedel har legat relativt konstant de senaste fem åren (Eriksson och Olsson, 2007), men om vi antar att antalet lastbilar som drivs med biogas fördubblas till 2015 och tar hänsyn till utsläppen vid produktion av biogas, 37 g CO₂-eq/MJ (Concave, 2006), får vi en besparing på 0,03 procent till 2015.

4.2 POTENTIAL TILL 2025-2030

Flera av de åtgärder som diskuterats här kan inte nå sin fulla potential till 2015. Det handlar om att det krävs tid både för att utveckla och sprida teknik. För att få en grov uppskattning av potentialen görs nedan beräkningar på hur mycket utsläppen skulle kunna minskas fram till perioden 2025-2030. Minskningarna ska inte ses som minskningar från dagens nivå, utan från nivån där inga åtgärder utförs fram till denna tidpunkt. I realiteten kan man räkna med utsläppsökningar på mellan 50 och 80 procent fram till 2030 om inget görs. Beräkningarna ska ses som illustrativa eftersom osäkerheterna ökar väsentligt då tidsperspektivet blir längre.

4.2.1 EFFEKTIVARE TRANSPORTER

Det är svårt att uppskatta den långsiktiga potentialen för effektivare transporter. Nya system kan mycket väl komma att utvecklas under perioden och incitamenten för samlastning kan komma att öka. En grov uppskattning är att den potential för godskollektivtrafik samt förbättrad fordonsstyrning som beräknats till 2015 kan fördubblas till 2025-2030. Redan till 2015 antas att 40 procent av det aktuella godset förts över till roadtrains. Trenden går mot en allt större andel partigods, vilket gör att

vi kan uppskatta potentialen till 25 procent större i det längre perspektivet. Vad gäller ecodriving måste den potentialen dock anses som uttömd med de antaganden som gjorts till 2015.

4.2.2 EFFEKTIVARE FORDON

Utvecklingen mot minskat motstånd och effektivare motorer kommer sannolikt att fortsätta under perioden fram till 2030, dessutom kommer hybridtekniken att ha hunnit få större spridning.

År 2020 uppskattar Volvo att lastbilarna kommer vara 15 procent effektivare än idag. Vi kan då anta att bilparken helt utgörs av dessa bilar 2025-2030, dessutom kommer sannolikt nya bilar in med än högre effektivitet. Detta gör att man kan uppskatta att bilparken som helhet är 20 procent effektivare än idag. Till detta kommer utvecklingen och spridningen av hybridlastbilar. Hybridtekniken har störst potential i stadstrafik, men minskningar på omkring 5 procent kan uppnås för landsvägskörning (Muster, 2000; Truckinginfo, 2007). Om vi antar att alla distributionslastbilar och hälften av lastbilarna i fjärrtrafik utgörs av hybridlastbilar 2025-2030 skulle det innebära en minskning av koldioxidutsläppen med omkring 5 procent.

4.2.3 NYA DRIVMEDEL

Mängden FAME och hydrerade oljor kommer under denna period sannolikt att begränsas av råvarutillgången. I synnerhet om klimatpolitiken har lett till att efterfrågan på vegetabiliska oljor ökat i övriga delar av världen. Därför beräknar jag i det längre tidsperspektivet att inblandningen ligger kvar på 10 procent FAME och hydrerade oljor.

Ett flertal demonstrationsprojekt pågår där man försöker få förgasning av biomassa och rening av syntesgasen att fungera i stor skala. I bästa fall kommer tekniken att vara kommersiell i stor skala omkring 2012, vilket kommer att innebära att biobränsle kan användas till att producera DME och Fischer-Tropsch-diesel (FTD) eller vätgas som kan användas i raffinaderier.

De första storskaliga anläggningarna för DME eller FTD kan antas bygga på förgasning av svartlut eftersom kostnaderna där är relativt låga. Till 2030 kan dock mycket väl anläggningar också ha byggts där bränsle produceras från tråråvara. Utsläppen av växthusgaser från DME eller FTD produktion uppskattas till omkring 5 g CO₂-eq/MJ bränsle om hjälpen-ergin kommer från biobränsle (Concawe, 2006).

Fram till perioden 2030 kommer främst tre saker att begränsa mängden biobränsle: hur snabbt tekniken utvecklas, hur snabbt industrin vågar bygga storskaliga anläggningar med en oprövad teknik samt konkurrensen om bioenergin. Kommissionen mot oljeberoende (2006) föreslog att det år 2020 ska produceras 12-14 TWh biodrivmedel (både diesel och bensin). Detta ger tillsammans med den totala potentialen enligt avsnitt 3.2.3 en optimistisk uppskattning att vi 2025-2030 har 15 TWh dieselbränsle från svartlut och förgasad cellulosa. Detta inkluderar såväl DME till särskilda fordon som inblandning av FTD i vanlig diesel. Detta skulle motsvara ungefär 25 procent av all diesel 2025 (STEM, 2007a). Det ska dock noteras att en större och billigare utsläppsminskning skulle kunna nås om motsvarade råvara i stället skulle användas för värme eller kraftproduktion.

I raffinaderierna behövs vätgas för att producera diesel. I dag används propan för att producera vätgasen, men andra lösningar är tänkbara. Naturgas kan användas; de totala utsläppen från dieseln minskas då med 1,3 procent (Sjöberg, 2007). Bioenergi som förgasas tillsammans

med petroleumkoks skulle i framtiden också kunna användas som vätgaskälla. Hur stor vinsten blir beror på hur mycket koks som används jämfört med biomassa, och ännu finns inga detaljerade planer för denna teknik. Om vi antar att 75 procent är bioenergi blir vinsten ungefär 3,5 procent. Denna teknik kan tänkas tillämpas i produktionen av hälften dieseln i Sverige 2025–2030. Dessutom finns möjligheten att lagra koldioxiden från processen eftersom den är relativt enkel att separera. Eftersom koldioxiden härrör från ett biobränsle innebär det i praktiken att nettoutsläppen blir 7-8 procent lägre istället (Azar, et al 2006).

Ingen separat uppskattning görs för biogas eftersom det rör sig om så små mängder. Konkurrenten med lokaltrafik och privatbilar gör det än svårare att uppskatta hur mycket som kan tänkas användas av distributionslastbilar.

4.3 RESULTAT

I tabell 1 kan en sammanfattning av resultaten ses. I första kolumnen anges hur mycket utsläppen minskar för det ton-km en viss åtgärd avser. Störst minskning av utsläppen blir det för biogas och DME och FTD. Därefter kommer logistiklösningarna som kan få stor effekt på den del av godset det avser.

I kolumnen potential till 2015 finns uppskattningar på hur mycket åtgärderna skulle kunna minska de totala utsläppen från godstransporter på väg till år 2015. I vissa fall är det stor skillnad mellan påverkan per ton-km och påverkan på de totala utsläppen. Det gäller de fall där en åtgärd endast påverkar en relativt liten del av det totala godsflödet.

Den långsiktiga potentialen anger hur stor utsläppsminskning som skulle kunna nås på lite längre sikt, 2025–2030. De uppskattningarna är naturligtvis mycket mer osäkra. Om samtliga de långsiktiga åtgärderna skulle genomföras skulle det innebära att utsläppen blir ungefär hälften så stora som om inga åtgärder skulle införas.

Tabell 1. Potential för minskade koldioxidutsläpp för olika åtgärder.

Åtgärd	Minskning per påverkad ton-km	Potential till 2015	Långsiktig potential
Effektiva transporter			
Godskollektivtrafik	20 %	0,3 %	0,6 %
Förbättrad logistik	10 %	0,6 %	1,2 %
Eco-driving	6,5 %	5,3 %	5,3 %
Roadtrains	23 %	2,7 %	4 %
Effektivare fordon			
Minskad förbrukning	10 %	4,8 %	20 %
Hybridisering	25 %	0,3 %	5 %
Nya drivmedel			
FAME och hydrerade oljor	4,6 %	4,6 %	4,6 %
Biogas	41 %	0,03 %	0,03 %
Biomassa till vätgas i raffinaderier	1,8 %		1,8 %
DME och Fischer-Tropsch-diesel	23 %		23 %

4.3.1 STRATEGISKT PERSPEKTIV

För att nå klimatneutrala godstransporter på sikt bör åtgärderna betraktas inte enbart utifrån de kortsikta vinsterna utan även från ett långsiktigt perspektiv vad gäller utveckling av teknik och infrastruktur.

Logistiklösningarna och ecodriving bidrar på lång sikt till ett effektivare transportsystem, vilket helt ligger i linje med den långsiktiga visionen. Det problem som finns med dessa åtgärder är att de sänker kostnaden på vägtransporter, vilket riskerar att både öka efterfrågan på transporter i stort och leda till att gods förs över från båt eller tåg till lastbil, vilket alltså ökar utsläppen. Detta ska emellertid inte ses som ett argument mot att effektivisera logistiken. Snarare bör detta hanteras genom att samtliga trafikslag (väg, båt, tåg) bär alla sina miljökostnader och man på det viset skapar rättvis konkurrens.

Utveckling av förbränningsmotorn kan ses som ett sätt att köra längre in i en återvändsgränd om man tänker sig att bränslecellsbilar är den framtida tekniken. Men som vi såg i avsnitt 3.1 förefaller inte vätgaslastbilar vara en bra lösning för fjärrtransporter. Om vi i stället ser en framtid med någon typ av biobränsle leder snarare en vidare utveckling av förbränningsmotorn mot en framtid med klimatneutrala godstransporter. Även hybridtekniken kan användas i kombination med såväl biobränsle som bränsleceller och vätgas.

Inblandning av FAME eller hydrerade oljor innebär reducerade utsläpp på kort sikt, men potentialen är för liten för att det ska spela någon avgörande roll för framtiden. Eftersom utbredningen sannolikt kommer att begränsas av resursbrist finns dock en mindre risk för så kallad lock-in (Maréchal, 2007). Det vill säga att en satsning på FAME skulle göra att effektivare bränsle inte utvecklas eftersom FAME var först och därmed dominerar marknaden. För att inte fördröja introduktionen av den så kallade andra generationens drivmedel, baserade på förgasad cellulosa, krävs dock även stora satsningar på att utveckla denna teknik.

Att använda vätgas som produceras från förgasad biomassa i raffinaderier kan vara ett sätt att utveckla förgasningstekniken utan behöva gå hela vägen till ett förnybart bränsle. På detta sätt kan man göra en dubbel vinst genom att samtidigt göra den konventionella dieseln delvis grön och utveckla en teknik som är strategiskt viktig för framtiden. Om man på sikt ska nå klimatneutrala godstransporter måste betydande satsningar göras på att få förgasning av biobränsle att fungera och sedan syntetisera syntesgasen till ett bränsle för godstrafik.

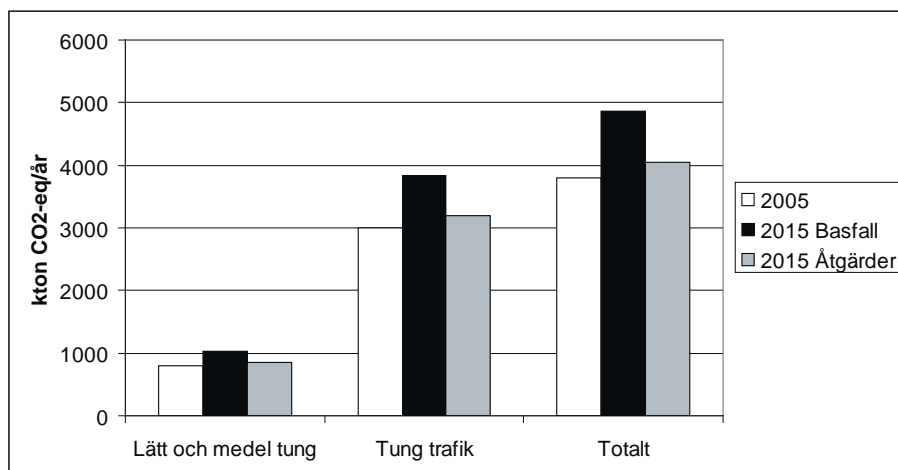
4.4 SCENARIO TILL 2015

Om samtliga åtgärder som beskrivits skulle införas till 2015 skulle detta innebära en reduktion av utsläppen jämfört med ett basfall där inga åtgärder skulle vidtas.

SIKA har gjort prognoser för godstransporter till 2020 (SIKA, 2005a). De har dock inkluderat även trafik från utländska speditörer. Jag studerar här främst åtgärder som angår svenska speditörer, bilar och drivmedelsförsäljning. Därför beaktar jag endast inrikestrafik utförd av svenska lastbilar. Som vi sett har godstransporterna historiskt ökat i takt med tillväxten i ekonomin, och utsläppen per ton-km har legat relativt konstant de senaste fem åren. Jag beräknar en tillväxt i ekonomin på 2,5 procent och antar att CO₂-utsläppen per ton-km hålls konstanta. Vi får då en ökning av transportarbetet från 35 000 miljoner ton-km år 2005 till 44 000 miljoner ton-km 2015. Koldioxidutsläppen från godstrafiken ökar under motsvarande period från 3,8 miljoner ton till 4,8 miljoner ton.

För att få den totala besparingspotentialen kan man inte enkelt summe-

ra procentsatserna i tabell 1, utan effektiviseringarna ska snarare multipliceras med varandra för att få den totala potentialen. Beräkningarna visar att om samtliga åtgärder vidtas kommer de knappt att uppväga de beräknade utsläppsökningarna fram till 2015, se figur 8. Minskningen är relativt jämnt fördelad mellan tung trafik och lätt och medeltung trafik. Vissa åtgärder, som förbättrad fordonstyrning och godskollektivtrafik, berör främst den lättare trafiken, medan roadtrains främst påverkar den tunga. Förbättrad effektivitet på fordonen och förnybara bränslen påverkar den lätta och tunga trafiken lika.



Figur 8. Scenarier för koldioxidutsläpp fram till 2015 för tung trafik (lastbilar tyngre än 32 ton) och lätt och medeltung trafik (lastbilar lättare än 32 ton).

4.5 STYRMEDEL

Reduktioner av koldioxidutsläpp sker sällan av sig själv; i de flesta fall är det billigaste att släppa ut mer snarare än mindre koldioxid. Det är därför av största vikt att styrmedel införs som gör det dyrt att släppa ut koldioxid. Sverige har haft koldioxidskatt på drivmedel sedan 1990 och en höjning av den skatten skulle stimulera samtliga åtgärder som har diskuterats här.

När det gäller bibränsle krävs dock ytterligare styrmedel för att de ska fortsätta vara konkurrenskraftiga. I dag är biodrivmedel inte bara befriade från koldioxidskatt utan även från energiskatt. Den nuvarande regeringen har utlovat att den skattebefrielsen ska fortsätta åtminstone fram till 2013. Man kan dock också tänka sig obligatorisk inblandning av biobränsle i dieseln. Ska FAME blandas in i högre grad krävs dock förändring av specifikationer för dieselbränslet och eventuella förändringar av dieselmotorn. Ett annat sätt att främja biodrivmedel skulle kunna vara med en klimatmärkning av drivmedel.

Kilometerskatt är ett annat styrmedel som diskuterats. Beroende på utformning kan det styra mot effektivare fordon, men främst kommer det att stimulera effektivare logistik samt en minskning av efterfrågan på transporter.

Det finns också förändringar av regleringar som skulle kunna påverka minskningarna av utsläppen i hög grad. Genom att sänka hastighetsregulatorn, införa obligatoriskt bränsleupplysningssystem samt ge stimulanser till utbildningar i ecodriving kan sannolikt potentialen för förändrat körsätt realiseras. Roadtrains är i dag inte tillåtna, och här krävs en lagändring. Godskollektivtrafik kan vidare stimuleras genom

att underlätta framkomligheten i stadsmiljö för lastbilar som kör gods kollektivt.

För personbilar har man på EU-nivå haft en frivillig överenskommelse om att minska de genomsnittliga CO₂-utsläppen från nyproducerade bilar. Det är dock osäkert om den frivilliga överenskommelsen kommer att uppfyllas och en obligatorisk standard har diskuterats (EU kommissionen, 2007). Man skulle kunna tänka sig en motsvarande lösning på lastbilar, där utsläppen av CO₂/km inte får överstiga en viss nivå vid en viss storlek på lastbilen. För att detta ska kunna bli möjligt måste dock enhetliga körcykler inom EU tas fram, vilket i dag inte finns.

4.6 DISKUSSION

Energimyndigheten uppskattar i en rapport att utsläppen från all godstrafik kan minskas med 2,5 miljoner ton koldioxid till 2020 (STEM, 2007a). I denna rapport hamnar uppskattningen på 0,8 miljoner ton till 2015. Skillnaden beror på en mängd olika faktorer. Energimyndighetens uppskattning ligger fem år längre fram i tiden och då har fler åtgärder kunnat få effekt och efterfrågan i basfallet är högre. Dessutom inkluderas hela godstransportsektorn, alltså även båt- och tågtransporter, vilket gör att möjligheten till åtgärder är större. Vidare inräknas också en dämpad efterfrågan på grund av högre priser.

En dämpad efterfrågan består egentligen av två olika delar, dels att företagen efterfrågar färre transporter när priserna är högre jämfört med om de är lägre, dels att en mängd små logistikförbättringar sker vid högre priser. Dessa är emellertid svåra att uppskatta eftersom de inte låter sig sammanfattas till en särskild åtgärd. Internationella studier visar att efterfrågan har en priselasticitet på mellan -0,5 och -1,5 för lasttransporter (Graham och Glaister, 2004). Det innebär att en ökning av priset på transporter med 1 procent medför att transportarbetet på väg på sikt minskar med mellan 0,5 och 1,5 procent.

Som räkneexempel kan vi då tänka oss att om vi vill minska utsläppen med ytterligare 0,4 miljoner ton koldioxid genom effekter på logistik och efterfrågan, skulle det krävas ungefär 50 procent högre bränslepris eller en km-skatt på omkring 2,5 kr/mil (beräknat på en elasticitet på -1).

Med en bredare ansats där effekter på efterfrågan samt skifte till andra trafikslag ingår skulle den uppskattade potentialen alltså ha blivit märkbart större. Det ska dock noteras att den potential som jag uppskattat i denna rapport inte har studerats utifrån ett kostnadseffektivitetsperspektiv. Den samhällsekonomiska lönsamheten skiljer sig sannolikt mycket mellan de olika åtgärderna. Syftet har varit att visa vilka vägar som finns att gå för att på sikt kunna nå fram till klimatneutrala godstransporter.

Referenser

An, F. Stodolsky, F. Vyas, A. Cuenca, R. Eberhardt, J.J. (2000) Scenario Analysis for Hybrid Class 3-7 Heavy Vehicles. SAE 2000 World Congress, Detroit Michigan.

Azar, C, Lindgren, K., Andersson, B. (2003) Global energy scenarios meeting stringent CO2 constraints - cost effective fuel choices in the transportation sector. *Energy Policy* 31 (10): 961-976.

Azar, C. Lindgren, K. Larson, E. and Möllersten, K. (2006) Carbon Capture and Storage From Fossil Fuels and Biomass – Costs and Potential Role in Stabilizing the Atmosphere. *Climatic Change* 74(1-3):1573-1480

Blinge, M. och Svensson, Å (2006) Miljöåtgärder för godstransporter, sammanställning av praktiska och teoretiska exempel. CPM report 2006:5

Bossel, U. Eliasson, B. (2003) Energy and the Hydrogen Economy.

Browne, M. (2001) The impact of e-commerce on transport, Session 4 transport and local distribution. Joint OECD/ECMT seminar. Paris juni 2001

Burke, A. Gardiner, M. (2005) Hydrogen Storage Options: Technologies and Comparisons for light-duty vehicle applications. Institute of transportations Studies. University of California, Davis.

Concave (2006) Well-to-Wheels Analysis of future automotive fuels and power rains in the European contex. Well-to-tank report May 2006

EEA (2006) Transport and environment: facing a dilemma. EEA Report No 3/2006.

Eriksson, P. och Olsson, M. (2007) *The Potential of Biogas as Vehicle Fuel in Europe*

– *A Technological Innovation Systems Analysis of the Emerging Bio-Methane Technology*. Miljösystemanalys, Chalmers Report No. 2007:6

EU kommissionen (2007) Resultat av översynen av gemenskapens strategi för minskade

koldioxidutsläpp från personbilar och lätta nyttofordon. KOM(2007) 19

Forskning och Framsteg (2006) 300 000 mil kortare körväg. Nr 2.

Graham, D.J. och Glaister, S. (2004) Road Traffic demand Elasticity Estimates: A Review. *Transport Reviews* Vol 24(3):261-274.

Hooijer, A. Silvius, M. Wösten, H. and Page, S. (2006) PEAT-CO2, Assessment of CO2 emissions from drained peatlands in SE Asia. Delft Hydraulics report Q3943.

IEA (2005) *Energy technology analysis: Prospects of Hydrogen and fuel cells*

IPCC (2007) *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summary for policymakers*. www.ipcc.ch

IVA (2002) *Energianvändning i transportsektorn*, Eskilstuna.

Joeng, K.S. And Oh, B.S. (2002) Fuel economy and life cycle cost analysis of fuel cell hybrid vehicle. *Journal of power sources* 1005:58-65

- Jonasson, K. Sandén, B (2004) Time and Scale Aspects in Life Cycle Assessment of Emerging Technologies Case Study on Alternative Transport fuel. CPM-report 2004:6
- Jonsson-Rynbäck, L. (2007) Personlig kommunikation, www.sparcoach.se
- Hammarström, U. och Yahya, M.R. (2000) *Uppskattning av representativa bränslefaktorer för tunga lastbilar*. VTI rapport 445.
- Kander, A. (2005) *Baumol's disease and dematerialization of the economy* *Ecological Economics* 55(1)119-130
- Kommissionen mot oljeberoende (2006) *På väg mot ett oljefritt Sverige*
- Lackeus, M. (2007) Personlig kommunikation. Vehco. www.vehco.com
- Ljungren, R. (2007) Personligt kommunikation. Schenker Consulting
- Maréchal, K (2007) The economics of climate change and the change of climate in economics *Energy Policy* Article in press
- McKinnon, A.C. (1999) A Logistical Perspective on the Fuel Efficiency of road freight transportation. From the workshop Improving fuel Efficiency in road freight: The role of information technologies.
- Muster, T. (2000) *Fuel Saving Potential and Costs Considerations for US Class 8 Heavy Duty Trucks through Resistance Reduction and improved Propulsion Technologies until 2020*. Energy Laboratory Publication MIT_EL 00-001
- Mårtensson, L. (2006) Emissions from Volvo's trucks. Volvo PM 20640/05-008
- Naturvårdsverket (2006) Utsläppsrapportering av växthusgaser enligt EU:s övervakningsmekanism och klimatkonvention. PM 2006-12-07.
- Nylund, N.O (2006) *Fuel Savings for heavy-duty vehicles "HDEnergy" Summary Report 2003-2005*. VTT-R-03125-06
- Palmgren, M. (2005) *Optimal Truck Scheduling – Mathematical Modeling and Solution by the Column Generation Principle*. Linköping Studies in Science and Technology Dissertations No. 967
- REDIFINE (1999) Summary Report. Relationship between demand for freight-transport and industrial Effects. <http://cordis.europa.eu/transport/src/redefinerep.htm>
- SCB (2001) Varuflödesstatistik, avgående sändningar. www.scb.se
- SCB (2005) Inrikes godstransporter efter transportsätt 1975-2001. www.scb.se
- SCB (2006) Nationalräkenskaper, årsvis. www.scb.se
- SIKA (2001) Inrikes och utrikes trafik med svenska lastbilar, år 2000. SSM 01:16
- SIKA (2002) Inrikes och utrikes trafik med svenska lastbilar, år 2001. SSM 005:0204
- SIKA (2003) Inrikes och utrikes trafik med svenska lastbilar, år 2002. SSM 005:0304
- SIKA (2004) Inrikes och utrikes trafik med svenska lastbilar, år 2003. SSM 005:0404
- SIKA (2005a) Prognoser för godstransporter år 2020 SIKA rapport 2005:9

- SIKA (2005b) Inrikes och utrikes trafik med svenska lastbilar, år 2004. SSM 005:0403
- SIKA (2005c) Transporter och kommunikationer. SIKA:s årsbok 2005
- SIKA (2006a) Varuflödesundersökningen 2004/2005. 2006:12
- SIKA (2006b) Inrikes och utrikes trafik med svenska lastbilar, år 2005. 2006:23
- Sjöberg, M (2007) Personlig kommunikation, Preem AB.
- STEM (2003) Vindkraft till lands och till sjöss, Energimyndigheten, Eskilstuna.
- STEM (2006) Energiläget i siffror 2006 ET 2006:44, Energimyndigheten, Eskilstuna.
- STEM (2007a) Åtgärdsalternativ i Sverige – en sektorsvis genomgång. Delrapport 3 i Energimyndighetens och Naturvårdsverkets underlag till Kontrollstation 2008. ER 2007:29
- STEM (2007b) Tillgång på förnybar energi. En rapport om energi och miljö ER2007:20.
- Swahn, M (2007) Personlig kommunikation. Conlogic AB. www.conlogic.se/
- Tapio, P. Banister, D. Jyrki, L. Vehmas, J. Willamo, R. (2007) Energy and Transport in comparison: Immaterialisation, dematerialisation and carbonisation in the EU15 between 1970 and 2000. *Energy Policy* 35:433-541
- Truckinginfo (2007) Peterbilt, Eaton, Wal-Mart Partner on Hybrid Electric Aerodynamic Truck. www.truckinginfo.com/news/news-detail.asp?news_id=58167
- UOP (2005) Opportunities for biorenewables in oil refineries. Final Technical Report. U.S department of energy.
- Vägverket (2001) Well-toWheel Efficiency For alternative fuels from natural gas or biomass. Ecotraffic. Publication 2001:85
- Vägverket (2004) Klimatstrategi för vägtransportsektorn. Publikation 2004:102
- Vägverket (2006) Vägtransportsektorn, sektorsredovisning 2005. Publikation 2006:22
- Vägverket Konsult (2005) Hastigheter och tidluckor 2004, Resultat rapport. Publikation 2005:2
- Åhman, M (2004). A closer look at road freight transport and Economic Growth in Sweden. Are there any opportunities for decoupling? Naturvårdsverket. Report 5370 May 2004



Vägverket

781 87 Borlänge

www.vv.se vagverket@vv.se.

Telefon: 0771-119 119. Texttelefon: 0243-750 90. Fax: 0243-758 25.

