

# CHALMERS



## Energieffektiva transporter: förbättrad kundservice med samtidig reducerad energianvändning baserad på informations och kommunikationsteknologi (IKT)

**Diariennr: 2010-004336**

**Projektnr: 34057-1**

**Slutredovisning av projekt**

PEHR-OLA PAHLÉN

Institutionen för teknikens ekonomi och organisation

*Avdelningen för logistik och transport*

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2014-02-02



## Förord

Föreliggande rapport behandlar möjligheterna att med informations- och kommunikationsteknologi (IKT) reducera energianvändningen inom godstransportområdet. I projektet har från Chalmers sida förutom Pehr-Ola Pahlén och Kent Lumsden även Andreas Hagen, Fredrik Börjesson, Gunnar Stefansson, Per Olof Arnäs och Vahid Mirzabeiki varit engagerade.

Utöver dessa har även representanter från transportindustrin varit involverade på olika sätt. Speciellt har transportföretagen DB Schenker, DSV Road och DHL Freight bidragit till de resultat som framkommit i projektet. Övriga företag som bidragit aktivt är Volvo AB, Volvo Cars, Meridion, Odette Sweden, Jula och Hennes & Mauritz.

Arbetet i detta projekt har varit upplagt i form av en forskningsstudie vilket resulterat i att två avhandlingar inom området IKT och effektiva godstransporter kunnat skrivas vilka förutses kunna presenteras under 2014.

Sebastian Bäckström från Svenska Miljöinstitutet IVL och Raul Carlson från Viktoriainstitutet har varit engagerad som expert inom området energi, transporter och miljö respektive CSR och hållbarhet

Göteborg i februari 2014

Kent Lumsden  
Professor  
Avdelningen för logistik och transport  
Chalmers tekniska högskola

# Innehållsförteckning

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>SAMMANFATTNING</b>   | <b>5</b>  |
| <b>2</b> | <b>BAKGRUND</b>   | <b>7</b>  |
| <b>3</b> | <b>TIDIGARE FORSKNING</b>                                     | <b>9</b>  |
| <b>4</b> | <b>FINANSIERING</b>   | <b>10</b> |
| <b>5</b> | <b>UPPFÖLJNING AV PROJEKTETS TIDSRAM</b>                      | <b>11</b> |
| <b>6</b> | <b>VERKSAMHETSBEKRIVNING</b>                                  | <b>12</b> |
| 6.1      | Syfte   | 12        |
| 6.2      | Mål   | 12        |
| 6.3      | Målgrupp  | 13        |
| 6.4      | Verksamhetsbeskrivningen                                      | 13        |
| 6.4.1    | Forskningsmetodik   | 14        |
| 6.4.2    | Projektdagbok   | 14        |
| <b>7</b> | <b>PUBLICERING AV RESULTAT OCH TILLGÄNGLIGGÖRANDE AV DATA</b> | <b>16</b> |
| <b>8</b> | <b>REFERENSER</b>   | <b>17</b> |

# 1 Sammanfattning

Projektet är en fortsättning på det arbete som inleddes av förstudien ”IKT för energieffektiva transporter” som genomförts av Chalmers i samarbete med WSP Analys & Strategi under 2009 där det övergripande syftet varit att studera de förutsättningar ett ökat informationsutbyte har för resursutnyttjandet och energianvändningen vid transporter av gods. Från förstudien tagits fasta på möjligheterna att studera förutsättningar och effekter av ett ökat resursutnyttjande och hur detta i sin tur påverkar energianvändningen i transportsystemet och de möjligheter som finns för att reducera energibehovet i detta. Konkret har detta inneburit en studie av de möjligheterna som en ökad fyllnadsgrad och resursutnyttjande av de lastbärare (lastbilar, släp och trailers) som nyttjas vid transporter av styckegods i ett transportnätverk skulle innebära i form av ett minskat energibehov.

Vi har i samband med de studier som genomförts i projektet bland annat kunnat konstatera en stor potential beträffande fyllnadsgraden och resursutnyttjandet av de lastbilar som trafikerar svenska vägar. Genom att mäta fyllnadsgraden i transporter av terminalbehandlat gods, dvs. styckegods, har vi kunnat konstatera att det finns en stor potential för framtida energieffektivisering men också att denna reduktion förutsätter att godset kan hanteras på ett sådant sätt att en ökad konsolidering (samlastning) är möjlig. I studien har stor vikt lagts vid de olika mått som används för att mäta och analysera fyllnadsgraden i godstransportsystemet. Vid användandet av dessa har det framkommit att de olika måtten har olika stor inverkan på det totala resursutnyttjandet. Resursutnyttjandet styrs således av flera olika faktorer vilket måste beaktas vid studier av densamma. Ett sätt att hantera detta på är att introducera ett aggregerat mått på fyllnadsgraden i systemet som kan användas för att beskriva en generell status men som också speglar möjligheten till förbättring.

Denna studie har sina begränsningar i omfattning, framförallt då vi endast studerat en begränsad del av det totala transportsystemet. Detta till trots har de beräkningar som genomförts där en effekt av de potentiella förbättringarna kunnat visas och sedan använts som underlag för att beräkna potentialen till effektivare energianvändning på en lokal såväl som nationell nivå. I samband med detta har det också varit möjligt att konstatera att de stora effekterna beträffande energieffektivisering ligger i att eliminera hela transporter, dvs. se till att godset lastas på ett sådant sätt att fulla ekipage kan parkeras vilket endast kan ske om fyllnadsgraden i fordonen kan maximeras så att dessa används mer optimalt än vad som görs idag. Det finns således ett tydligt samband mellan ökad konsolidering och samlastning och en effektivare energianvändning.

Det forskningsmässiga resultatet av projektet kan kopplas direkt till två kommande avhandlingar inom området transporteffektivitet Pahlén (2014) samt Hagen (2014). Pahlén (2014) baseras till stora delar på de studier som genomförts i projektet med stöd av Energimyndigheten. Även Hagen (2014) baseras på dessa studier men i en mindre omfattning.

En stor del av projektresultatet är uppbyggnaden av en miljö kring energieffektiva godstransporter och IKT inom vilket det under projektets gång presenterats ett stort

antal vetenskapliga artiklar och avhandlingar (Pahlén och Börjesson, 2011; Hagen och Stefansson, 2012; Mirzabeiki, 2013; Pahlén och Hagen, 2014). De konkreta resultaten i projektet redovisas dock i en separat rapport, se bilaga 1, Resultatrapportering.

## 2 Bakgrund

Projektet är en del av forskningsutlysningen ”Energieffektivisering i transportsektorn” och syftar till att öka kunskapen kring godsets inverkan på energianvändningen i transportsektorn och specifikt de möjligheter som informations och kommunikations-teknologi, IKT möjliggör.

En betydande anledning till att projektet initierats är att transportbranschen tillhör en del av försörjningskedjan med stor potential beträffande energi- och resursanvändning. Dock är man inom transportindustrin ovana att relatera till energianvändning när man ser till effektiviteten i transportsystemet. Det är således av stor vikt att stärka sambanden mellan transporteffektivitet och energianvändning för att öka medvetenheten i transportbranschen. Detta inte minst med tanke på att energieffektivitet sannolikt kommer att vara en allt viktigare komponent för företagets framtida konkurrenskraft. Motivationen för transportörerna att välja energieffektiva och hållbara lösning kommer troligtvis därför att öka vilket i sin tur ökar kraven på effektiva IKT-lösningar och verktyg som ger företagen ökade möjligheter att skapa effektiva transportlösningar.

För aktörer inom transportbranschen handlar energieffektivitet i första hand om att reducera energianvändningen i form av ett effektivare resursutnyttjande av fordon och lastbärare. Först och främst innebär detta att de befintliga fordonen används till sin fulla kapacitet men även insatser mot transportköparna relaterade till att undvika obalanser i form av variation av inkommande gods. Exempel på åtgärder som kan vidtas är en höjning av fyllnadsgraden och resursutnyttjandet så transportarbetet (tonkm) kan genomföras på ett så energieffektivt sätt som möjligt (tonkm/KWh). För att detta skall kunna åstadkommas krävs att flera faktorer skall vara stämma överens och att ett flertal krav skall vara uppfyllda. I huvudsak handlar detta om att reducera osäkerheten i planeringsunderlaget och på så sätt skapa förutsättningar för ett effektivare nyttjande av befintliga resurser med hjälp av IKT.

Från förstudien, (Persson m.fl., se bilaga 1), har specifikt gränssnitten mellan försörjningskedjans olika aktörer fokuserats. Genom att kommunikationen mellan parterna ständigt förbättras och att nya informationslösningar utvecklas utgör gränssnitten mellan dessa aktörer en stor potential till framtida förbättringar i transportsystemet. Specifikt avses olika typer av planeringssystem och IT-baserade beslutsstödsystem som bidrar till att öka effektiviteten i utförandet. Detta är också något som vi gått vidare med i denna huvudstudie.

En ytterligare faktor för både energieffektivitet och kostnader är möjligheten att använda intermodala transporter och att kunna skifta mellan de olika trafikslagen. Ett byte från exempelvis lastbil till kombitrafik eller järnväg kan i flera fall även innebära minskad energianvändning och betydande kostnadsfördelar. Ett modalt skifte utgör även en övergång till alternativa bränslen med stora effekter på energiförsörjningen och nyttjandet av fossila drivmedel förutsatt att förnyelsebar energi används.

De problem som ofta tillskrivs transporter och som därmed måste hanteras är i första hand faktorer som konsolidering av gods, störningskänslighet och tillgänglighet. En stor del av dessa faktorer kan kontrolleras och hanteras med hjälp av information och

system för hantering av gods och lastbärare. IKT utgör därmed en viktig del av förutsättningarna för framtida effektiviseringar inom godstransportområdet, både generellt och inom de olika trafikslagen.



### 3 Tidigare forskning

Stödet från tidigare forskning inom området visar på ett tydligt samband mellan transporter och energianvändning samt de möjligheter som ligger inom området beträffande effektivare energianvändning (McKinnon et al. 1999, McKinnon 1999, McKinnon 2010). Ur ett informations- och kommunikationsperspektiv innebär detta i flertalet fall en fokusering på kommunikationen mellan försörjningskedjans parter och möjlighet att effektivt kombinera utbud och efterfrågan på ett sådant sätt att energimässigt fördelaktiga lösningar kan väljas.

Dagens transportsystem till stora delar är erfarenhetsbaserade vilket också visar sig i tidigare forskning. Detta innebär att transportsystemens utformning och funktionalitet till stor del präglas av en inre effektivitet. Effektiviteten i dessa system består därmed i att de ofta är mycket effektiva inom de funktioner som de är skapade att utföra. Däremot finns en stor sannolikhet för att det finns alternativa tillvägagångssätt som totalt sett skulle innebära en mer effektiv transportlösning. Det går därmed att ifrågasätta ifall dagens transportsystem är effektivt utformat ur ett systemperspektiv och att transportsystemet skulle bli effektivare om man ser till helheten. Totalt sett finns det således stora frågetecken beträffande den totala effektiviteten i de tjänster som utförs och därmed vilka åtgärder som bör genomföras för att bidra till en ökad energieffektivitet.

Det finns idag en generell bild över hur godset hanteras och de tjänster som erbjuds som ofta ger en negativ syn på transportsystemet. Bland annat innebär detta att flera betydande aktörer menar att finns betydande överkapacitet i produktionssystemet (Blinge, 2008) och att detta till stor del beror detta på transportföretagens ställning och att de av denna anledning ständigt måste kunna hantera transportköparnas krav (Lumsden, 2006).

Bland de aktörer som idag finns på marknaden är bilden av ett ineffektivt transportsystem inte lika tydlig. Många av de aktiviteter som utförs upplevs istället som effektiva av transportörer och speditörer samtidigt som det pågår en kontinuerlig förändring av de arbetsätt som används. Det råder således delade meningar om huruvida det finns överkapacitet i systemet eller ej och ifall denna förmodade överkapacitet går att använda för att effektivisera transportererna av gods.

Genom att mäta fyllnadsgraden i transportnätverk har en del av den tidigare okända besparingspotentialen kunnat beräknas. Det har även varit möjligt att jämföra fyllnadsgraden och resursutnyttjandet över tiden och i relation till olika parametrar som på olika sätt har kunnat antas påverkas resursutnyttjandet. Baserat på resursutnyttjandet har sedan energibesparingspotentialen kunnat beräknas. Genom att reducera trafikarbetet, dvs. antalet transportkilometer, minskar bränsleförbrukning och emissioner i motsvarande grad.

Den främsta anledningen till att denna åtgärd förs fram är att flertalet av de möjliga åtgärder som ligger inom andra delar av godshanteringens är mycket svåra att mäta i kvantitativa termer. Detta innebär även att flera av de åtgärder som relaterar till logistik och allokering av gods på sändningsnivå hittills varit svåra att mäta och därmed inte varit möjliga att värdera ur ett energiperspektiv.

## 4 Finansiering

Arbetet i projektet har i första hand utförts som en del i en doktorsavhandling med avseende på informationsinsamling, metodutveckling, analys och resultatredovisning. Finansieringen av projektet har därmed varit en bidragande faktor i utvecklingen av den forskarmiljö som byggts upp kring hållbara och energieffektiva transporter. Projektet har i samband med detta bidragit till att finansiera ett stort antal forskare och delprojekt i olika omfattning. Samarbete har möjliggjorts mellan ett stort antal projektet och studier som genomförts under de år som projektet pågått.

Exempel på samarbeten och projekt är bland andra projekten "*Intelligent Infrastruktur – Möjliggörande av Framtidens Effektiva Godstransporter - IIFEG*" finansierat av Trafikverket via FUD centrat "TTS". Ytterligare projekt till vilka direkta kopplingar finns är "*Intelligent industriellt gods och affärssystem*" samt "*ITS-lösningar som stöd för godstrafik i linje- och terminal strukturer*" samt projektet "Nyttjande av ITS för att ur ett hållbarhetsperspektiv matcha segmenterade godstransporter med aktuell infrastrukturbelastning" vilka båda finansierats av Trafikverket.

Inledningsvis bidrog finansieringen av projektet till möjligheten för forskare från Chalmers att delta i FFI projektet Energieffektiva och integrerade godstransporter, EIT ([www.transporteffektivitet.eu](http://www.transporteffektivitet.eu)). Samarbete kunde på detta sätt initieras med flera industriella aktörer, primärt transportföretagen, DB Schenker, DHL Freight och DSV Road men också aktörer som Volvo AB, Volvo Cars samt deras samarbetspartners Odette Sweden och konsultbolaget Meridion. Detta samarbete har sedan varit till stor nytta för de studier som genomförts i projektet.

## 5 Uppföljning av projektets tidsram

Projektet har pågått sedan slutet av 2010 fram till och med december 2013 vilket är ett år längre än den ursprungligen planerade projekttiden. Projektets tidsram har under tiden förlängts två gånger på grund av yttre omständigheter. Detta har berott på att tillgängligheten för projektets deltagare under denna tid bitvis varit begränsad på grund av föräldradighet och deltidarbete.

Primärt är arbetet utfört som en del av en doktorsavhandling (Pahlén) men har under projekttiden involverat ett stort antal forskare både på Chalmers (Logistik och transport) och andra forskningsmiljöer (Svenska Miljöinstitutet IVL och Viktoria Swedish ICT). Detta har varit helt i enlighet med den planerade tidsramen, dock har en del av dessa samarbeten resulterat i förseningar vilket ytterligare påverkat tiden för avslut i projektet.

En övergripande bild över de aktiviteter och händelser som är knutna till projektet finns redovisade i stycke 6.4.2 nedan.

## 6 Verksamhetsbeskrivning

### 6.1 Syfte

Utöver det övergripande huvudsyftet avseende möjligheterna att "... studera utbytet av information mellan flödeskedjans aktörer och de förutsättningar ett ökat informationsutbyte har beträffande resursutnyttjande och användning av energi" har även ett antal delsyften varit aktuella, framförallt avseende doktorandfinansiering (P-O Pahlén) men också att styrka forskningen kring energianvändning inom godstransporter.

Ett flertal studier har gjorts avseende transportsystemets status och potential till förbättring med avseende på resursutnyttjande och fyllnadsgrad, både i form av observationer och genom intervjuer med transportörer och transportköpare. På så sätt har ett nuläge kunnat identifieras vilket i sin tur inneburit en möjlighet att identifiera den potentiella energiförbättring som skulle kunna åstadkommas genom effektivare hantering av resurser och lastbärare.

Vilken tidigare kunnat konstateras har ett ytterligare syfte i projektet har varit att bidra till en forskningsmiljö inom godstransporter och energi inom vilken doktorander och seniora forskare får möjlighet att studera frågor avseende energi- och resurseffektiva godstransporter. Denna del har bland annat inneburit möjlighet för samarbete mellan forskare och doktorander, både inom Chalmers avdelning för logistik och transport samt mellan avdelningen, forskningsinstitut och andra konstellationer.

### 6.2 Mål

Målet med studien har varit att identifiera och klargöra potentialen till energieffektivisering i godstransporter i samband med ökat informationsutbyte, effektivare beslutsstödsystem och operativa informationslösningar. I kvantitativa termer innebär detta att målet med studien kan uttryckas i form av resursutnyttjande och lastkapacitet men också utifrån ett energiperspektiv för att på så sätt ge uttryck för den totala energieffektiviseringspotential som ligger i effektivare logistik- och transportprocesser. Tydliga effekter av transportföretagens agerande och produktivitet har kunnat redovisas som ett resultat av de i projektet genomförda studierna, både avseende transportsystemets effektivitet och dess potential till förbättring. En energikalkyl har gjorts avseende de energimässiga effekter som skulle kunna uppnås genom ökad samlastning av godset.

Genom projektet har getts goda möjligheter till samarbete med olika organisationer, både andra forskande organisationer (IVL och Viktoriainstitutet) samt företag inom och med stark koppling till transportbranschen. Samarbete har skett med ett flertal närliggande projekt, projekt som redan bedrivs inom området samt inom Vinnovas transporteffektivitetsprogram, FFI.

## 6.3 Målgrupp

Målgrupper för projektet kan delas in i tre olika grupper: transportbranschens aktörer, forskare samt i bred mening ”allmänheten”. Projektet har därför involverat representanter från de största aktörerna inom transportbranschen såväl som flera stora organisationer som alla transporterar stora mängder gods.

Genom samarbete med flera av de största aktörerna i transportbranschen en stor andel data kunnat samlas in. Dessa data har sedan utgjort ett effektivt underlag i vidare diskussioner med transportföretagen vilket gjort att en dialog har kunnat ske inom vilken betydelsen och relevansen av IKT och energieffektiva godstransporter har kunna diskuteras och utvecklas. Projektresultaten har mottagits med stort intresse av det absoluta flertalet av de aktörer med vilka detta diskuterats.

Forskarsamhället har kunna nås på flera olika sätt, primärt genom de artiklar som skrivits inom ramen för projektet men även genom de seminarier och möten som hållits inom projektet alternativt där projektmedlemmar deltagit och delat med sig av projektets resultat. Detta kommer att fortsätta även efter det att projektet upphört.

Den sista målgruppen, allmänheten, förväntas kunna nås genom vidare spridning av projektets resultat och då framför allt effekterna av de krav som ställs på godstransporterna ur ett lokalt perspektiv men också ett tydliggörande av transportbranschens förutsättningar att effektivisera sin verksamhet.

## 6.4 Verksamhetsbeskrivningen

*Beskriv enbart de verksamheter/aktiviteter som bedrivits och finansierats inom ramen för stödet. Beskrivningen ska inte omfatta verksamheter som verksamheten/projektet inte har finansierat. Detta kan istället beskrivas i koppling till andra projekt. Försök att vara så konkret som möjligt. Redovisa även hur stor andel av projektet som lagts på respektive verksamhet/aktivitet.*

Projektet har på olika sätt bidragit till att studera möjligheterna att effektivisera transporter av gods med avseende på energi- och resurseffektivitet. Samarbeten har dels skett mellan doktorander och seniora forskare på avdelningen för logistik och transport men också inom den utökade forskargruppen, Göteborgs Universitet/Northern Lead, samt med andra forskande organisationer och företag (IVL, Viktoria, Meridion, Odette, mfl) samt med industrin (BD Schenker, DHL Freight, DSV Road, Volvo AB, mfl)

Finansieringen i projektet har också möjliggjort Chalmers medverkan i projektet Effektiva och integrerade transporter – EIT, vilket varit mycket betydelsefullt för fortsättningen av projektet fortsatta studier.

Ett resultat av projektet är ett förslag på vidare studier och projekt inom området energieffektiva godstransporter. Detta baseras på den potential som identifierats här och som inte kunnat utredas inom ramen för detta projekt.

### 6.4.1 Forskningsmetodik

Projektet har i första hand genomförts i form av fallstudier, dvs. genom intervjuer och observationer av de olika fallföretagen och deras olika processer. Utöver dessa observationer har även ett antal mer och mindre formella workshops hållits inom ramen för projektet, i första hand för att stämma av de data som samlats in.

Den största delen av insamlingen av data utgörs av den fyllnadsgradsundersökning som genomförts i projektet. Detta är en studie av transportföretagens arbete vid hantering av styckegods. Att just styckegodshanteringen valts som studieobjekt har varit att detta område har bedömts vara representativt för en stor del av de transporter som genomförs i Sverige men också genom att dessa transporter utgör ett väl avgränsat område i förhållande till de resurser som funnits tillgängliga. Genom att begränsa transportföretagens eget arbete i form av deltagande i datainsamlingen har också eventuella störningar i verksamheten kunnat undvikas vilket gjort att acceptans funnits för att upprepa studien vilket också gjorts inom ramen för projektet.

### 6.4.2 Projektdagbok

Projektet startade enligt plan i slutet av 2010 och har efter två förlängningar avslutats i december 2013. Nedan följer en kortfattad kronologisk redovisning av de olika studier som genomförts i projektet samt hur resultaten av respektive studie redovisats.

2010-12 – projektet startar

2010-09 – 2011 deltagande i projektet ”EIT” (*”Effektiva och Integrerade Transporter”*) med stöd från projektet

2011-11 – Fallstudie I, resursutnyttjande och fyllnadsgrad i styckegodstransporter, samarbete med DB Schenker, DHL och DSV Road initieras

2012-06 – Presentation delresultat (Pahlén & Börjesson, 2012)

2012-11 – 2013-04 – Intervjustudie hållbara godstransporter och informationsdelning, tillsammans med Viktoria Swedish ICT

2013-03 – Fallstudie II, resursutnyttjande och fyllnadsgrad i styckegodstransporter

2012-06 – Presentation delresultat (Pahlén & Carlson, 2013)

2013-10 – Energiberäkningar avseende fyllnadsgrad svenska styckegodstransporter, i samarbete med IVL Svenska miljöinstitutet

2013-12 – Projektet avslutas

*Övriga tidpunkter av intresse för projektets tidshållning*

2011-04 – 2011-09 PO Pahlén Föräldraledig

2012-04 – 2012-07 PO Pahlén Föräldraledig

2013-04 – 2013-06 PO Pahlén Föräldraledig

## 7 Publicering av resultat och tillgängliggörande av data

Resultat har redovisats löpande under projektets gång, i form av deltagande vid både seminarier och konferenser, samt genom forskningsartiklar Pahlén & Hagen (Bilaga 3; inskickad för publicering i International Journal of Logistics - Research and Applications IJLRA), Pahlén och Börjesson, 2012 (Bilaga 4), Pahlén & Carlson, 2013 (bilaga 5), Hagen & Stefansson, 2013 (Bilaga 6).

De studier som genomförts i projektet har på olika sätt bidragit till att föra forskningen inom området framåt, både i form av vetenskapliga artiklar såväl som avhandlingar inom området. Här förväntas två doktorsavhandlingar kunna presenteras under 2014 vilka helt eller delvis finansierats genom projektet. Det senare har dock ej kunnat ske under projekttidens gång vilket bland annat beror på externa faktorer av privat natur, vilket naturligtvis beklagas. Detta får också till följd att en del av rapporteringen tills vidare måste hållas på en övergripande nivå för att inte påverka möjligheterna att publicera resultaten i de tidskrifter där material skickats in.

Praktiskt kommer projektet att resultera i riktlinjer för industrin, förmedlade i samband med deltagande på seminarier och konferenser. I den mån projektet leder till verksamhetsnära lösningar och dessa kan ge upphov till förändrade arbetssätt och metoder för industrin, kan projektets resultat medverka till reella förändringar av nuvarande verksamhet. Ett nära samarbete med industrin påverkar denna utveckling positivt vilket påskyndar de eventuella förändringar som framkommer som gynnsamma



## 8 Referenser

Hagen, A., and Stefansson, G., (2013) A Framework for transport planning processes – a logistics service provider perspective

McKinnon, A., J. Campbell and D. Leuchars (1999). Energy Consumption Guide 76.

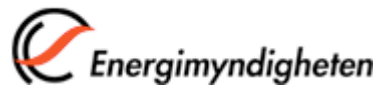
McKinnon, A. C. (1999). Vehicle Utilisation and Energy Efficiency in the Food Supply Chain: Full Report of the Key Performance Indicator Survey, Logistics Research Centre, Heriot Watt University.

McKinnon, A. C. (2010). Increasing fuel efficiency in the road freight sector. Green Logistics: : Improving the Environmental Sustainability of Logistics. A. C. McKinnon, S. Cullinane, M. Browne and A. Whiteing, Kogan Page publishers: 229-241.

Pahlén and Börjesson (2012) Measuring resource efficiency in long haul road freight transport. Nofoma 2012, Naantali, Finland

Pahlén, P-O. and Carlson, R., (2013) Transport user involvement – Analyzing the impact of sustainability on freight transport. LRN 2013, Birmingham, UK

Denna studie är finansierad av:



Och är genomförd av

**CHALMERS**

Avdelningen för logistik och transport

i samarbete med

Svenska Miljöinstitutet IVL  
Viktoria Swedish ICT