

# CHALMERS



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

**Diariennr: 2010-004336**

**Projektnr: 34057-1**

Slutrapport avseende de resultat som framkommit i projektet

PEHR-OLA PAHLÉN

Institutionen för teknikens ekonomi och organisation

*Avdelningen för logistik och transport*

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sweden, 2014

## Sammanfattning

Denna rapport summerar den forskning som gjorts inom projektet "Energieffektiva transporter: förbättrad kundservice med samtidig reducerad energianvändning baserad på informations och kommunikationsteknologi (IKT)".

Projektet är ett forskningsprojekt som är utfört på avdelningen för logistik och transport på Chalmers tekniska högskola. I projektet har även IVL Svenska Miljöinstitutet (Sebastian Bäckström) och Viktoria Swedish ICT (Raul Carlson) bidragit till en del av resultaten. Utöver detta har även ett stort antal företag varit involverade i projektet.

Projektet har tre fokusområden:

- I. Resursutnyttjande och fyllnadsgrader i styckegodstransporter
- II. Energieffektivisering och förbättringspotential genom effektivare nyttjande av fordon och lastbärare
- III. Möjligheten att effektivisera godstransporter med hjälp av IKT

En stor del av arbetet i projektet har baserats på de mätningar som gjort avseende fyllnadsgrad och resursutnyttjande. Det har kunnat konstateras att fyllnadsgraden i de mätta resurserna varierar stort mellan olika destinationer men också beroende på vilken aktör som är involverad. Flertalet transporter mellan de större destinationerna har idag en hög fyllnadsgrad dock är flödesobalanserna stora vilket påverkar möjligheten att i båda riktningar hålla en hög fyllnadsgrad vilket i sin tur påverkar resursutnyttjandet. Fyllnadsgraden har mätts i två omgångar och visar på en genomsnittlig fyllnadsgrad på ca 55 % avseende volym. Beräkningar har även gjorts avseende vikt och utnyttjad lastyta.

Genom att ha ett värde på fyllnadsgraden i de enheter som använts har vi kunnat beräkna potentialen till energieffektivisering och mängden bränsle som teoretiskt skulle kunna sparas genom ökad samlastning och högre fyllnadsgrader. Dessa beräkningar visar att en reduktion av fordon och lastbärare, motsvarande den volym som idag inte utnyttjas i varje enskild relation, teoretiskt skulle kunna innebära en energibesparing på ca 14 %. Denna energibesparing skulle kunna vara ännu högre i det fall att de olika transportörerna fick samordna sina flöden i de godssvaga relationerna. Ett samarbete som inte är lagligt men som teoretiskt skulle kunna innebära en besparing på ca 19 % av den totala energianvändningen.

När det gäller IKT och möjligheten till effektivare planering har ett kvalitativt resonemang förts. Ovan nämnda studier visar tydligt på att det finns en stor outnyttjad potential i transportsystemet som är beroende av en effektivare planering, dels av de resurser (fordon, lastbärare, terminaler och personal) som används men också ur ett kundperspektiv där effektivare planering möjliggör bättre informationsspridning och därmed även bättre koordination mellan produktionssystemet och transportsystemet. Vidare är IKT en förutsättning för

uppföljning och kontroll i relationen mellan transportörer och transportköpare. De studier som har gjorts i projektet visar att det finns en stor brist avseende de stödsystem som finns tillgängliga inom rapportering av miljödata. Det finns för närvarande mycket små möjligheter för transportköparna att kontrollera att de kravställningar som förhandlats fram efterlevs vilket påverkar förutsättningarna för framtida affärer.

## Innehållsförteckning

<b>Sammanfattning</b> .....	<b>ii</b>
<b>Innehållsförteckning</b> .....	<b>1</b>
<b>1 Studiens forskningsfrågor och syfte</b> .....	<b>2</b>
<b>2 Referensram</b> .....	<b>3</b>
2.1 Transportnätverkets uppbyggnad och design .....	3
<b>3 Resursutnyttjande</b> .....	<b>6</b>
<b>4 Fyllnadsgrad i svenska lastbilar</b> .....	<b>7</b>
4.1 Mätning av fyllnadsgrad .....	7
4.1.1 Påverkansfaktorer .....	8
<b>5 Resultat</b> .....	<b>10</b>
5.1 Genomförande.....	10
5.1.2 Övergripande iakttagelser .....	13
5.2 Transportkapacitet .....	14
5.2.1 Transportavstånd .....	14
5.2.2 Volymbaserad fyllnadsgrad.....	14
5.2.3 Utnyttjad lasthöjd .....	15
5.2.4 Viktbaserad fyllnadsgrad.....	16
5.2.5 Utnyttjande av lastyta (flakmeter) .....	17
5.3 Returtransport - flödesbalans .....	17
5.4 Sammanfattning delstudie 1 .....	18
5.5 Korrelation mellan olika faktorer .....	19
5.6 Jämförelse mellan resultaten av de båda studierna och tolkning av resultatet .....	19
5.7 Hypoteser för relationer mellan fyllnadsgrad och påverkande faktorer ..	21
5.8 Kombinerade mått på fyllnadsgrad .....	22
<b>6 Miljö- och energiberäkningar</b> .....	<b>24</b>
6.1 Energibesparing baserat på verkliga data.....	25
<b>7 Diskussion och Analys</b> .....	<b>28</b>
<b>8 Slutsatser</b> .....	<b>30</b>

## 1 Studiens forskningsfrågor och syfte

*Syftet med studien är att utveckla ett ramverk för att mäta transporteffektiviteten i vägbaserade godstransporter i form av fyllnadsgrad och resursutnyttjande.*

*Detta görs i första hand för att undersöka potentialen till ökad samlastning av gods och på detta sätt ta reda på den potential som finns till ett ökat resursutnyttjande, och därmed också bättre energianvändning.*

I studien har avgränsningar gjorts avseende det studerade systemets storlek varför initialt endast hanteringen av styckegods studerats. Anledningen till detta är den avgränsning som detta system har och de goda förutsättningar som finns beträffande insamling av data.

För att besvara forskningsfrågan på ett effektivt sätt har tre forskningsfrågor formulerats. Forskningsfrågorna speglar olika typer av beslut relaterade både till den förmodade tidshorisonten och till den nivå inom vilka dessa beslut tas.

**Tabell 1** Övergripande forskningsfrågor

	Forskningsfråga (RQ)	Tidshorisont	Beslutsnivå
RQ1	<i>Vilka faktorer styr fyllnadsgraden i vägbaserade transporttjänster?</i>	Kort	Lokal/operativ nivå
RQ2	<i>Hur kan samspelet mellan fyllnadsgrad och resursutnyttjande beskrivas?</i>	Medellång	Mellannivå
RQ3	Hur kan LTL-transportnätverk <sup>1</sup> utformas för att öka resursutnyttjande och fyllnadsgrad?	Lång	Systemnivå

---

<sup>1</sup> LTL = Less than Truck Load. Med detta avses transporter av gods som inte fyller en hel lastbil och som hanteras av speditör i terminal för att samlastas med annat gods.

## 2 Referensram

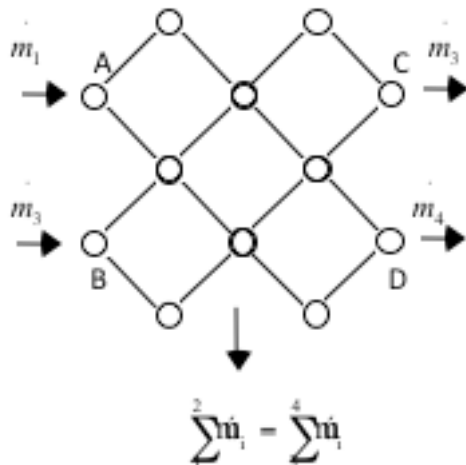
Utöver fyllnadsgrad finns två andra parametrar som påverkar det fysiska resursutnyttjandet i ett transportsystem, nämligen andelen tomkörning och den produktiva tid som läggs på att fylla och köra enheterna (*ECR Europe, 2000*). I och med att endast styckegodstransporter i terminalnätverk har studerats anses parametern "tomkörning" ej påverka resultatet i nämnvärd utsträckning. Detta innebär att det istället är de övriga två parametrarna som balanseras i det studerade fallet, dvs. den operativa tid som läggs på att fylla enheterna i terminalerna och den fyllnadsgrad som nås i de resurser som används. Det senare är till stora delar ett strategiskt/taktiskt beslut som tas av transportföretagen. Detta mått är också svårt att mäta och generalisera varför studien i första hand omfattar fyllnadsgraden som ett mått på resursutnyttjande och effektivitet i transportsystemet.

För att studera hanteringen i terminal har observationer gjorts avseende det arbetssätt som de aktuella företagen har. Framför allt kan konstateras att det finns flera olika faktorer som styr vilken tid och vilka resurser som läggs på att konsolidera godset och på så sätt höja fyllnadsgraden i systemet. För vidare diskussion se kapitel 3 nedan.

När det gäller fyllnadsgraden i transporter kan denna mätas på ett flertal olika sätt. Det vanligaste sättet att mäta denna på är utgå från vikten på godset i förhållande till den kapacitet som allokerats för ändamålet. Andra sätt är att mäta volymen på godset eller den yta som används för att transportera godset. För att kunna mäta fyllnadsgraden i det studerade systemet för styckegods har ett ramverk tagits fram vilket senare applicerats i studien avseende de observationer som gjorts och i efterföljande analys, se kapitel 4 nedan.

### 2.1 Transportnätverkets uppbyggnad och design

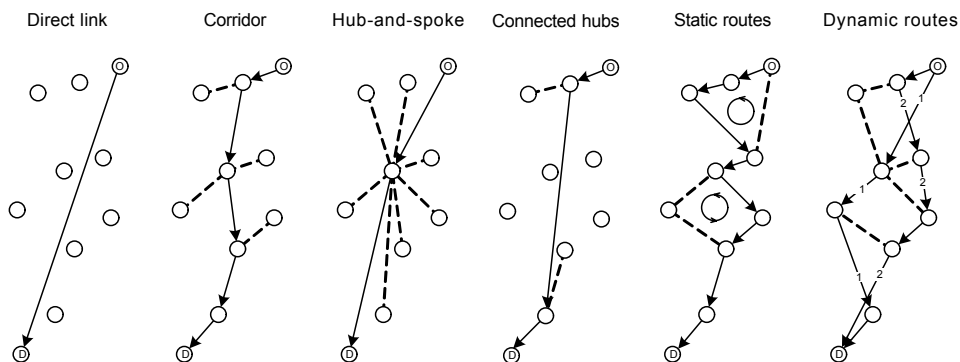
En förutsättning för att transporter skall kunna ske på ett effektivt sätt är att det finns en infrastruktur av produkter och tjänster transportsystemet är organiserat på ett så effektivt sätt som möjligt. Ett traditionellt sett att förklara den fysiska utformningen av ett transportnätverk är genom en representation av noder och länkar vilka representerar systemets uppbyggnad, en så kallad O/D matris, Figur 1 (Lumsden 2012). I O/D matrisen representerar noderna någon form av aktivitet där godset hanteras på något sätt (pick-up, delivery, terminalhantering, etc.) och länkarna mellan noderna en transport. I figuren står "m" för mängden gods vilken givetvis är densamma för inkommande och utgående gods.



Figur 1 O/D Matrisen (Lumsden, 2012)

O/D matrisen bygger i sin tur på vissa antaganden (Woxenius, 2007) vilka bland annat innebär att direkta förbindelser mellan samtliga noder är möjliga givet att infrastrukturen medger detta. Det är också möjligt för alla terminaler i systemet att utgöra både källor och sänkor men också omlastningspunkter i vilka gods kan konsolideras och dekonsolideras beroende på tillgången på lastbärare och tillgänglig transportkapacitet. Framför allt innebär det dock att det är nätverksoperatören som bestämmer vilka länkar som skall användas och även vilka operatörer som skall vara involverade i transporten.

Det senare innebär att ett transportnätverk kan vara utformat på flera olika sätt, oftast beroende på vilka trafikslag som utnyttjas samt den mängd och typ av gods som transporteras, se Figur 2.



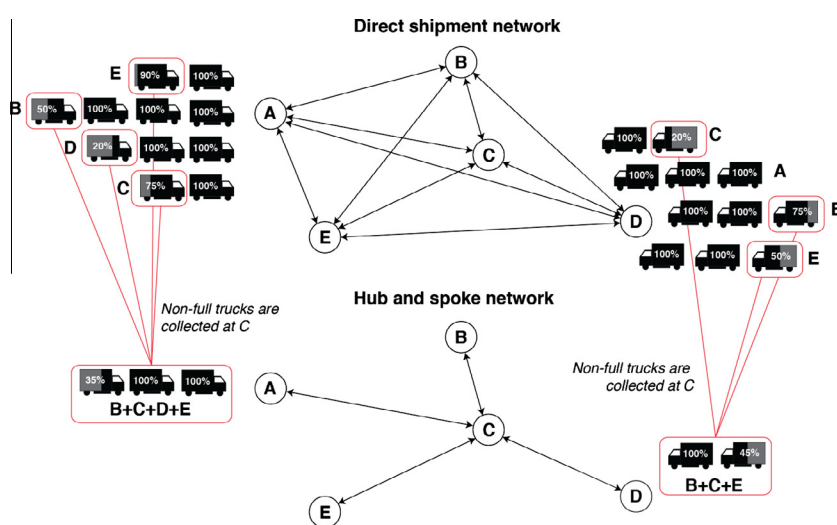
Figur 2 Sex varianter av transportupplägg från källa (O) till sänka till en destination (D) i ett nätverk bestående av tio noder (Woxenius, 2007).

Vanligast är de nätverk som i figuren kallas för "Direct link" och "Hub-and-spoke" där godset antingen körs direkt mellan två terminaler eller i vissa fall samlas i en mellanliggande terminal som utsetts till central terminal i transportnätverket. I realiteten är dock renodlade Hub-and-spoke-nätverk sällsynta, istället är flertalet av de transportnätverk som kan ses i industrin varianter av de olika teoretiska modellerna ovan.

Av betydelse för transporterens utförande är dock antalet terminaler och hur dessa står i förbindelse med varandra, dvs. terminalnätverkets uppbyggnad och

design (Roy and Crainic 1992; Crainic and Laporte, 1997; Crainic 2000; Groothedde, Ruijgrok et al. 2005; Kalantari 2012; Arnäs, Holmström et al. 2013). Tidigare forskning har visat på tydliga fördelar av en terminalstruktur där godsflödet dynamiskt kan omfördelas mellan terminalerna utifrån ett optimalt nyttjande av fordon och lastbärare (Persson and Lumsden 2006; Persson and Waidringer 2006; Kalantari 2012; Arnäs et al. 2013).

Detta görs bland annat genom att ta hänsyn till mängden gods som hanteras i respektive terminal för att på så sätt allokera en anpassad mängd resurser för att transportera godset till spridande terminal. I de fall det inte finns tillräckligt med gods för att uppnå en på förhand definierad fyllnadsgrad i en länk omdirigeras en del av godset till en mellanliggande terminal där det konsolideras med gods från en annan terminal men med samma destination (Figur 3).



Figur 3 Hybrid shipment control by combining direct shipment and hub and spoke (Arnäs et al., 2013)

Betydande effekter har kunnat påvisas genom att simulera ett dylikt transportupplägg. Dessa beräkningar visar på en teoretisk förbättrat resursutnyttjande med betydande effekt på energianvändningen i transportsystemet. Detta gäller även i de fall då tillgången på information om de godsmängder som hanteras är dåligt. Flertalet av dessa beslut kan då istället baseras på tumregler och historiska data Kalantari (2011). Kalantari visar också på att det räcker med att en del av godset kan hanteras genom det tänkta terminalupplägget då effekterna av detta avtar i takt med att fler resurser är aktuella för samlastning. Det senare bygger på att det är de första enheterna vilka är aktuella för ett överlagrat transportnätverk so erbjuder den största potentiella förbättringen. Vidare konstaterar han att effekterna av denna typ av samlastning följer 80/20 regeln, vilken ger att 80 av effekterna kommer från 20 % av transportererna. Resterande 80 % genererar således endast en liten del av de totala kostnads-/energibesparingarna.



### 3 Resursutnyttjande

Resursutnyttjandet i transportsystemet beror till stor del på logistiska faktorer som styr möjligheterna att påverka transporterens utformning (McKinnon and Woodburn 1996; Drewes Nielsen et al. 2003). Det således är inte alltid möjligt att ta hänsyn till vilken transportlösning som är mest effektivt från ett logistikperspektiv. Beslut måste istället tas utifrån ett helhetsperspektiv och där transportkostnaden ofta är en mycket liten del av den totala kostnaden.

En stor del av de problem som uppkommer inom transportsystemet beror på den osäkerhet som uppkommer genom bristande tillgång på information (Sanchez-Rodrigues et al. 2010). Brist på information resulterar i osäkra prognoser kring det aktuella transportbehovet vilket ökar risken för överkapacitet och därmed mindre effektiva transporter. Det leder även till ökad energianvändning och därmed också miljöbelastning då fler resurser behövs för att utföra det arbete som egentligen skulle kunna utföras med en begränsad kapacitet.

Utöver de effekter som bristande tillgång på information och den osäkerhet som det medför finns det även ett stort antal faktorer som uppkommer i samband med själva transporten av gods. Hultén (1997) nämner i sin avhandling fem faktorer som är av stor betydelse för resursutnyttjandet inom godstransporter:

	Faktor	
1	Strukturella obalanser	Ojämnt transportbehov som kommer sig av att det finns olika behov av gods i olika geografiska områden
2	Operationella obalanser	Gods och resursflödena är inte optimalt anpassade till varandra
3	Tekniska obalanser	Fordonet inte tekniskt anpassat till olika typer av gods
4	Kedjeobalanser	Förseningar och obalanserade tidsschema i länkar och noder, vilket påverkar den totala transporttiden
5	Säkerhetsobalanser	Variationer i efterfrågan och transportföretagens ovillighet att tacka nej till uppdrag vilket leder till överkapacitet

Samtliga ovan nämnda obalanser påverkar resursutnyttjandet negativt och måste därför hanteras av operatörerna. Då en stor del av problemen är relaterade till brist på information är olika typer av stödsystem en viktig del av lösningen. Ur ett transportörs perspektiv är det svårt att i grunden förändra förutsättningarna för hur mycket gods som skall transporteras och mellan vilka geografiska positioner. Det är dock viktigt att få en så komplett bild av godsets egenskaper och kvantitet för att på så sätt kunna planera för en så resurseffektiv hantering som möjligt.

## 4 Fyllnadsgrad i svenska lastbilar

Då tidigare studier av fyllnadsgraden i svenska lastbilar saknas är det svårt att uttala sig om huruvida det finns en stor potential till förbättringar eller ej. Det förefaller även vara svårt att tala om ifall nuvarande nivåer är bra eller dåliga och i så fall vad som kan göras för att förbättra dessa. Det finns således ett stort behov av att ta reda på förutsättningarna för hur olika åtgärder och tillgång på IKT kan påverka fyllnadsgraden och då i första hand lyfta fram under vilka förutsättningar som transportsystemet kan göras effektivare med avseende på bättre nyttjande av tillgängliga fordon.

### 4.1 Mätning av fyllnadsgrad

Ur ett operationellt perspektiv handlar resursutnyttjandet i transportsystemet till stor del om hur enskilda resurser används. Resursutnyttjande står således i direkt relation till utnyttjandet, dvs. fyllnadsgraden i lastbärarna. Att mäta fyllnadsgraden i lastbärarna kan till synes vara okomplicerat. Problematiken i att mäta fyllnadsgraden är dock att det finns flera olika mått för detta ändamål och att dessa betyder olika saker beroende på vad som mäts och vem som mäter.

Baserat på tidigare forskning (Samuelsson and Tilanus, 1997a och b; McKinnon and Campbell, 1997; McKinnon, 2000, 2003, 2010; McKinnon and Ge, 2004 och Lumsden, 2006) kan ett antal olika faktorer urskiljas:

1. *Viktbaserad fyllnadsgrad* – förhållande mellan aktuellt vikt och den maximala vikt som kunde lastats vid en transport
2. *Tonkm-baserad fyllnadsgrad* – förhållande mellan aktuellt transportarbete och det maximala transportarbete som kunde utförts ifall fordonet hade kört med sin maximala vikt.
3. *Volymbaserad fyllnadsgrad* – Andel av den totala volymen som upptas av lasten.
4. *Lasthöjd* – andel av den totala lasthöjden som används under transport, ett mått som även mäter godsets stapelbarhet
5. *Deck-area coverage* – Andel lastyta som upptas av lasten
6. *Andel tomkörning* – Andel av trafikarbetet (fordonskm) som körts utan last.

Även andra faktorer är av vikt för transportföretagen. Dessa är oftast kopplade till användningen av fordonen över en viss tidsperiod, såsom antal tonkm (Trafikarbete) per fordon och år eller andelen produktiv tid beräknat på antalet timmar och minuter som fordonet spenderar på vägen, dvs. den tid som inte upptas genom lastning, lossning, väntetider men också underhåll för att undvika framtida

Som en konsekvens av valet av inriktning för i studien, har antalet studerade parametrar reducerats något. Detta främst för att en del av ovanstående parametrar blir av begränsat intresse då de bitvis konvergerar med andra mått.

För empiriinsamlingen i studien valdes därför följande fyra parametrar:

1. *Viktbaserad fyllnadsgrad*
2. *Volymbaserad fyllnadsgrad*
3. *Lasthöjd*
4. *Andel utnyttjad lastyta (Deck-area coverage)*

Eftersom studien riktar in sig på nätverksbaserade transporter anses andelen tomkörning vara av begränsat intresse. Därmed sammanfaller det procentuella transportarbetet med det procentuella trafikarbetet.

#### 4.1.1 Påverkansfaktorer

För att kunna hantera godset på ett effektivt sätt och för att nå storskalighet i transportlösningen krävs att godset kan konsolideras med annat gods för att på så sätt nå en hög fyllnadsgrad. I litteraturen nämns fem faktorer av stor vikt för möjligheten att effektivt kunna konsolidera gods (Woxenius, 2007):

	Faktor	
1	Sändningens storlek	Sändningens storlek påverkar hur stora resurser som bör läggas på att öka fyllnadsgraden. Ökad hantering ökar även risken för godsskador
2	Transportavstånd	Gods och resursflödena är inte optimalt anpassade till varandra
3	Krav på transportledtid	Fordonet inte tekniskt anpassat till olika typer av gods
4	Produktegenskaper	Förseningar och obalanserade tidsschema i länkar och noder, vilket påverkar den totala transporttiden
5	Tillgänglighet av ytterligare gods längs vägen (primärt partigods)	Variationer i efterfrågan och transportföretagens ovillighet att tacka nej till uppdrag vilket leder till överkapacitet

Ju närmre full kapacitet, desto mindre resurser bör läggas på konsolidering då detta ökar risken för förseningar och skador på godset. Sammantaget betyder detta alltså att de kostnader som det innebär att ytterligare konsolidera godset inte står i proportion till den extra tid och trafikarbete som krävs för att öka fyllnadsgraden. För korta distanser lönar det sig inte alltid konsolidera godset beroende på förhållandet mellan hanteringstid och transporttid. Transportenheterna utnyttjas istället ofta effektivare om väntetiderna kan kortas vilket i vissa fall kan motivera en lägre fyllnadsgrad mot att transporten genomförs med högre frekvens. Kravet på korta ledtider leder ofta till att det inte finns utrymme till ytterligare hantering för att kunna erbjuda den servicegrad som krävs. Därmed måste också en lägre fyllnadsgrad accepteras vid tillfällen då ledtiden vid konsolidering, dvs. hanteringstiden, är för lång.

Vissa typer av gods kräver hanteringsutrustning som inte alltid finns tillgänglig. Detta gäller till exempel i de fall där specialanpassad lyftutrustning krävs eller vid tillfällen då godset måste hanteras i en viss typ av miljö, t.ex. livsmedel eller annat temperaturkänsligt gods. generellt innebär detta att ju mer specifika produktegenskaper, desto mer direkt transport av godset.

Slutligen nämns också tillgängligheten på gods som en avgörande parameter. Om tillgången på gods är låg innebär detta att potentialen för att konsolidera godset försämras.

## 5 Resultat

En betydande del av studiens resultat härrör från de två fyllnadsgradsundersökningar som genomförts under projektets gång. Dessa studier innefattar ett stort antal observationer som genomförts i två omgångar, den första under hösten/vintern 2011 och den andra under tidig vår 2013. I denna studie har tre av de största aktörerna på den svenska transportmarknaden deltagit, nedan kallade för Alfa, Beta och Gamma för att inte röja vilket företag som avses i olika situationer. Tillsammans utgör dessa tre företag mer än 60 % av den totala marknaden för styckegodstransporter i Sverige.

Studien genomfördes i två omgångar med ca 18 månader mellan tillfällena. Detta har gett oss möjligheten att jämföra de båda undersökningarna men också validera en del av de antaganden som gjorts efter den första vändan. Vid varje tillfälle har observationer gjorts i terminal, fem dagar i veckan, måndag till fredag. Totalt har detta inneburit ca 450 observationer över tre veckors tid, sammantaget ca 250 avgångar till olika destinationer för respektive delstudie.

Att just styckegodssystemet valts som studieobjekt går i huvudsak att relatera till två betydande faktorer:

- Access - möjligheten att direkt kunna observera den aktuella fyllnadsgraden med minsta möjliga risk för felaktiga indata, och:
- Tillgängligheten till de parametrar som skall mätas

Att forskargruppen av samtliga tre företag tillåtit studera och observera lastning av de enheter som skall mätas samt den hantering som därmed föreligger har inneburit en möjlighet att säkerställa att de data som samlats in håller hög och jämn kvalitet. Att just terminalbehandlat styckegods studerats har inneburit att all information har funnits tillgänglig vilket inte skulle varit fallet för annat gods, exempelvis för partigods där motsvarande observationer skulle kräva långtgående engagemang och åtaganden från transportföretagens sida och en betydande belastning för deras anställda.

### 5.1 Genomförande

Innan respektive datainsamling togs ett material fram bestående av en mall för de avgångar som planerats av respektive transportföretag Tabell 2 Mall för informationsinhämtning (LSP Beta) Tabell 2. I mallen angavs förutom uppgifter om åkeri, destination och aktuell port också information avseende vilken typ av lastbärare som används, tillgänglig lastkapacitet (flakmeter) och ordinarie avgångstid. Det fanns också möjlighet att göra egna kommentarer, till exempel rörande lastbärarens höjd eller eventuella avvikelser i tidsschemat. I kommentarsfältet nedtecknades också de uppgifter som ursprungligen inte fanns tillgängliga så att mallen kunde uppdateras med aktuella data efter hand, se Tabell 3. De uppgifter som angavs i mallen kontrollerades dagligen med förmannen som därmed kunde meddela eventuella avvikelser, exempelvis eventuella haverier och andra förändringar i den operativa verksamheten vilka påverkade observationernas reliabilitet.

Tabell 2 Mall för informationsinhämtning (LSP Beta)

Gate	Destination	Forwarder	Dep. Time	Loading unit	Capacity	Loading meters left (m)	Average loading height (m)	Total loading degree in (%)	Capacity Trailer, etc	Comments
1	Luleå		19.00	Flak	7,2					
3	Luleå		19.00	Släp	12,5					
5	Värnamo		19.30	Släp	12,5					
8	Gävle		19.30	Trailer	13,6					
10	Borlänge		19.30	Trailer	13,6					
12	Linköping		19.30	Flak	7,2					
14	Linköping		19.30	Släp	12,5					
16	Kristianstad		19.30	Släp	12,5					
18	Karlshamn		19.30	Släp	12,5					
20	Vänersborg		19.30	Bil	7,2					
22	Vänersborg		19.30	Trailer	13,6					
24	Borås		19.30	Trailer	13,6					
26	Malmö		19.30	Släp	12,5					
28	Malmö		19.30	Släp	12,5					
30	Malmö		19.30	Släp	12,5					
32	Västerås		19.30	Släp	12,5					
34	Västerås		19.30	Flak	7,2					
47	Stockholm		20.30	Långtrailer	17,6					

I mallen noterades förutom det genomsnittliga volymsutnyttjandet för varje lastbärare även resterande lastyta vid avfärd, genomsnittlig höjd på godset (både i form av antal meter och procentuell fördelning av den totala höjden) samt, i första delstudien, den totala lastens profil (topografi).

Tabell 3 Utdrag ur mall för informationsinhämtning (LSP Alfa)

GATE	DEST	Forwarder	Loading unit	Capacity	Average Volume (%)	Res. load meters (m)	Average height (%) <sup>2</sup>	Loading profile (1-4)	Comment
82	GAV		Släp	12,5					
83	NRK		Bil	7,2					
84	NRK		Trailer	13,6					
85	LIN		Trailer	13,6					
86	BOS		Flak	7,2					
87	BOS		Släp	12,5					
88	RSB		Bil	7,2					Low trailer
89	RSB		Trailer	13,6					
90	ETU		Flak	7,2					
91	ETU		Stor traile	12,5					
92	STO		Släp	12,5					19:00:00
92	STO		Trailer	13,6					20:00:00
93	STO		Bil	7,2					18:00:00
93	STO		Normal tr	13,6					20:00:00
94	OHN		Bil	7,2					Arrives later
94	OHN		Släp	12,5					
95	TIB		Bil	7,2					Low trailer
96	TIB		Trailer	13,6					Low trailer
97	ORB		Flak	7,2					Arrives late evening

Vid varje observationstillfälle fanns åtminstone två observatörer på plats vilket gjorde att data kunde samlas in utan risk för att betydande information skulle gå förlorad. Vid eventuella tveksamheter samarbetade de båda observatörerna för att på så sätt få fram ett rättvisande resultat. I de fall då två eller flera observationer gjorts vid studietillfället har ett medelvärde tagits.

Vid samtliga observationstillfällen gavs goda möjligheter att studera det sätt man arbetade på för att lasta och konsolidera godset och på vilket sätt detta bidrog till den uppnådda fyllnadsgraden på lastbärarna. Dessa uppgifter noterades kontinuerligt för att på så tillföra ytterligare information avseende de faktorer som påverkar det sätt på vilka resurserna används och därmed även det totala systemets effektivitet.

#### **5.1.1.1 Volym och lasthöjd**

Det totala volymsutnyttjandet och lasthöjden beror till stor del på godsets utseende och egenskaper vilket primärt går att härleda till transportköparna. Däremot kan transportörerna påverka det sätt som godset hanteras vid lastning och lossning men även lastbärarnas utformning. Samtliga tre transportörer använder sig av lastbilar och släp med dubbla lastgolv, se Figur 4, vilket delvis ökar möjligheterna till att använda det tillgängliga utrymmet maximalt.



Figur 4 Lastbärare med dubbla golv

Övriga möjligheter till att öka volymsutnyttjandet bottenar i att effektivt kunna lasta godset på ett sådant sätt att tungt gods kan kombineras med lättare vilket medger stapling av godset och därmed effektivare nyttjande av volymen.

#### **5.1.1.2 Lastyta**

Det finns en problematik relaterad att använda använd lastyta som ett mått på fyllnadsgrad. Denna problematik bottenar i den hantering som sker i terminalerna och de resurser som avsätts för att fylla lastbärarna. I det fallet att tillgången på gods är låg sker ingen stapling av gods, detta för att minimera de resurser som

krävs vid hanteringen av godset men också då detta reducerar risken för godsskador. Det finns således inga incitament för åkerier och speditörer att lasta godset så att det finns utrymme över när godset är färdiglastat. Istället används all tillgänglig lastyta i så stor utsträckning som möjligt vilket resulterar i att denna fyllnadsgrad ofta ligger nära 100 procent.

#### 5.1.1.3 Vikt

Vid transporter av styckegods är vikten på godset av begränsad betydelse för hur mycket gods som kan lastas. Detta beror på att densiteten på godset ofta understiger den gräns som innebär att godsets vikt är dimensionerande. En konsekvens av detta är att volymen på det gods som lastas oftast bestämmer det totala resursutnyttjandet på lastbärarnivå. Godsets vikt kan dock sätta begränsningar för hur godset kan staplas och i vilken utsträckning lastbärarnas fulla kapacitet kan utnyttjas.

Ett alternativt mått, som också tar hänsyn till godsets volym, är *"fraktdragande vikt"*. Det är också detta mått som använts i studien för att beräkna den viktbaserade fyllnadsgraden. Vid beräkning av den fraktdragande vikten används den faktor som är begränsande av vikt eller volym vilket innebär att godset tilldelas en vikt baserat på den fysiska volym som det upptar. Omräkning sker bland annat efter antal flakmeter, kubikmeter och specialgods. Eftersom godsets vikt mycket sällan är dimensionerande sker kontroll av viktutnyttjandet endast i undantagsfall.

#### 5.1.2 Övergripande iakttagelser

Stora organisatoriska skillnader finns mellan de studerade företagen, främst med avseende på hur ansvaret för resursallokering och lastning skall ske. I två av företagen bär speditören ansvaret för att allt gods skall komma med i varje relation och sköter därmed allokeringen av transportkapacitet. I det tredje företaget är detta arbete delegerat till åkerierna som resursallokerar både lastkapacitet och personella resurser. Incitamenten för de olika aktörerna ser därmed olika ut för de olika företagen.

Hanteringsmässigt sker allt arbete på ett likartat sätt, inga tydliga skillnader finns mellan hur arbetet fungerar i respektive fall. Däremot skiljer sig allokeringen av resurser sig åt mellan organisationsformerna. I det fall åkerierna bär ansvar för transporten och hanteringen av godset finns möjlighet att allokera extra kapacitet genom att använda sig av enheter som trafikerar andra system, exempelvis partigodssystemet vilket ökar flexibiliteten i utförandet. På samma sätt finns möjligheten för speditörerna att allokera ytterligare kapacitet genom att köpa upp ledig kapacitet hos de anslutna åkerierna. Det senare fallet innebär dock ett större behov av framförhållning med tanke på ledtid och den framförhållning som krävs.



## 5.2 Transportkapacitet

Den kapacitet som allokeras i varje relation ligger mellan 7,2 m (en lastbil) till 62,7 m (en kombination av olika lastbärare) med ett medelvärde på 20,2 m (48 pallar) och en standarddeviation på 10,2 m. Medianvärdet ligger på 19,7 m, vilket är detsamma som en lastbil med släp (7,2 + 12,5). Transportkapaciteten som allokerats för varje destination beror till stor del på upptagningsområdets storlek men också på avståndet mellan terminalerna och transportnätverkets storlek. Det finns således stora skillnader mellan de olika aktörerna vars nätverk är olika stora. De godsmässigt största destinationerna från Göteborg är Malmö och Stockholm, en naturlig konsekvens av de båda städernas storlek och invånarantal.

### 5.2.1 Transportavstånd

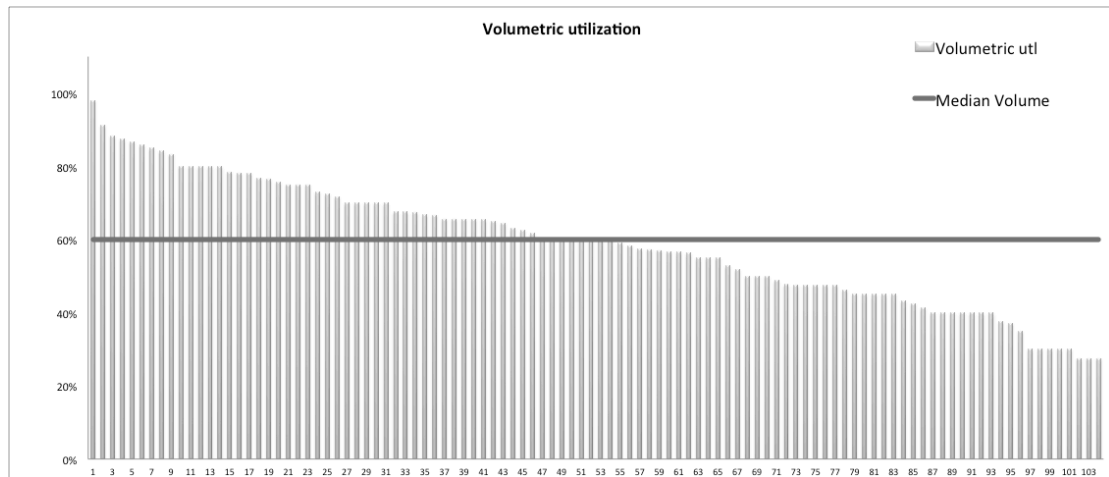
Transportavståndet är till stora delar beroende av de geografiska förutsättningarna i Sverige med tanke på den låga befolkningstätheten och de avstånd som landets utsträckthet detta innebär. Det längsta transportavståndet utgörs av sträckan Göteborg – Luleå med ett avstånd på ca 1370 km och det kortaste Göteborg – Borås 63 km.

Det genomsnittliga avståndet är beräknat till 409 km ( $\sigma^2 = 325$ ). Skulle däremot mängden gods som skickas till de olika destinationerna vägas in skulle det genomsnittliga transportavståndet vara 354 km med ett medianvärde på 274 km.

### 5.2.2 Volymbaserad fyllnadsgrad

Det beräknade volymsutnyttjandet är baserat på de observationer som gjorts i terminalerna. I det fall data saknats har ett framräknat genomsnittsvärde använts. Detta värde har primärt baserats på observationer av lastbärare till samma destination samma dag. I de fall observationer helt saknats detta värde istället baserats på ett genomsnittligt veckomedel.

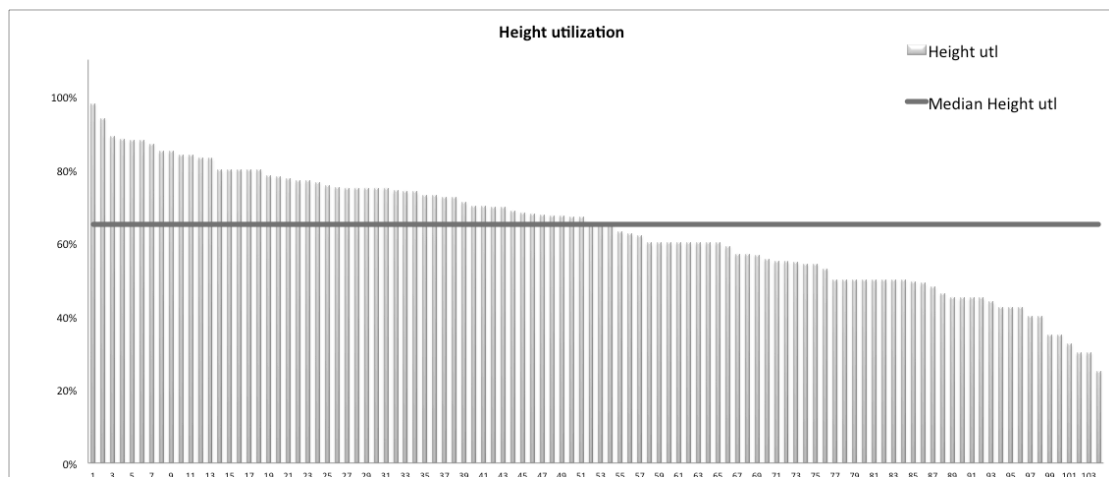
I studien har ett genomsnittligt värde på den volymbaserade fyllnadsgraden beräknats till 61,2 %, vilket ligger väl i linje med tidigare studier. Standarddeviationen beräknades till 16,8 %, vilket indikerar på stora variationer mellan de observerade enheterna. Medianvärdet beräknades till 61,9 %. Figur 5, nedan, visar på fördelningen mellan de olika avgångarna för de O/D par som befraktas av samtliga tre transportföretag (7 destinationer).



Figur 5 Volymbaserad fyllnadsgrad

### 5.2.3 Utnyttjad lasthöjd

Den utnyttjade lasthöjden följer till stor del den volymbaserade fyllnadsgraden. Den största skillnaden här är att vid beräkning av denna fyllnadsgrad så tas endast hänsyn till den del av lastbäraren som är lastad. Den utnyttjade lasthöjden är, som väntat något högre än den volymbaserade fyllnadsgraden, 67,2 %, med en standarddeviation på 14,6 %, vilket därmed överensstämmer med standarddeviationen för den volymbaserade fyllnadsgraden.



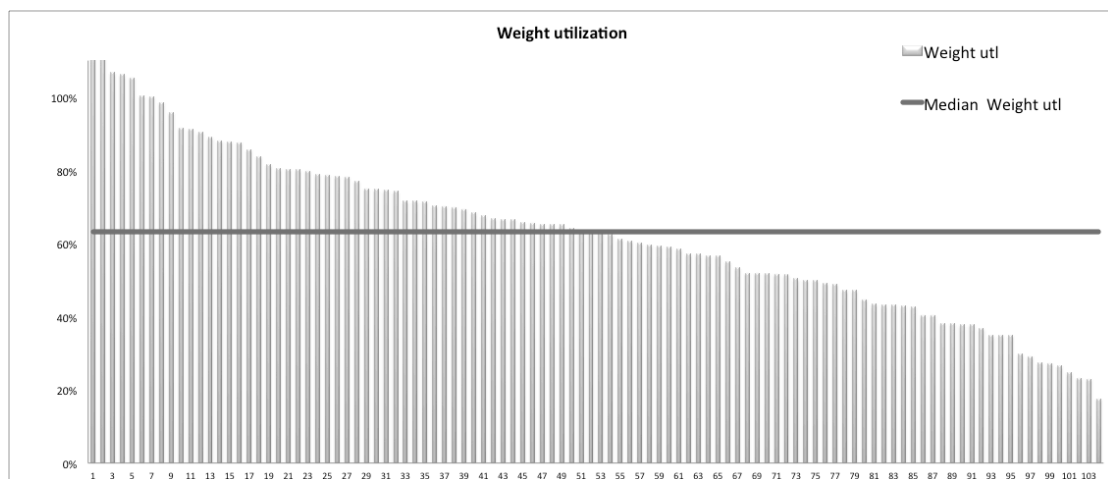
Figur 6 Lasthöjdsbaserad fyllnadsgrad

Figur 6 visar på fördelningen mellan de olika avgångarna där medianvärdet beräknats till 69,8 %.

### 5.2.4 Viktbaserad fyllnadsgrad

Den viktbaserade fyllnadsgraden baseras här på fraktdragande vikt. Detta har sin grund i att man inom transportindustrin i huvudsak använder sig av detta mått men också då det är denna information som primärt finns tillgänglig hos speditörerna. Genom att utgå från den allokerade kapaciteten som fanns tillgänglig hos speditörerna kunde ett teoretiskt maximum beräknas. Detta gjordes genom att utgå från ett omräkningstal, 1950 kg per flakmeter, som sedan multiplicerades med den allokerade kapaciteten för varje relation. Detta ger bland annat att den vanligaste kombinationen men bil och släp (19,7 flakmeter) har en maxkapacitet på 38 415 kg.

Baserat på dessa antaganden kunde ett genomsnittligt viktutnyttjande beräknas till 64,3 % med en standarddeviation på 23,8 och med ett medianvärde på 64,0 % (Figur 7). Vidare beräkningar visar att viktutnyttjandet till stor del beror på mängden gods som finns tillgänglig. Variationen i efterfrågan förväntas leda till en variation i utnyttjande av fraktdragande vikt vilket också var fallet. I studien beräknades fraktdragande vikt i medeltal till 24,1 ton med en medianvikt på 21,7 ton och en standarddeviation på 15,9 ton.

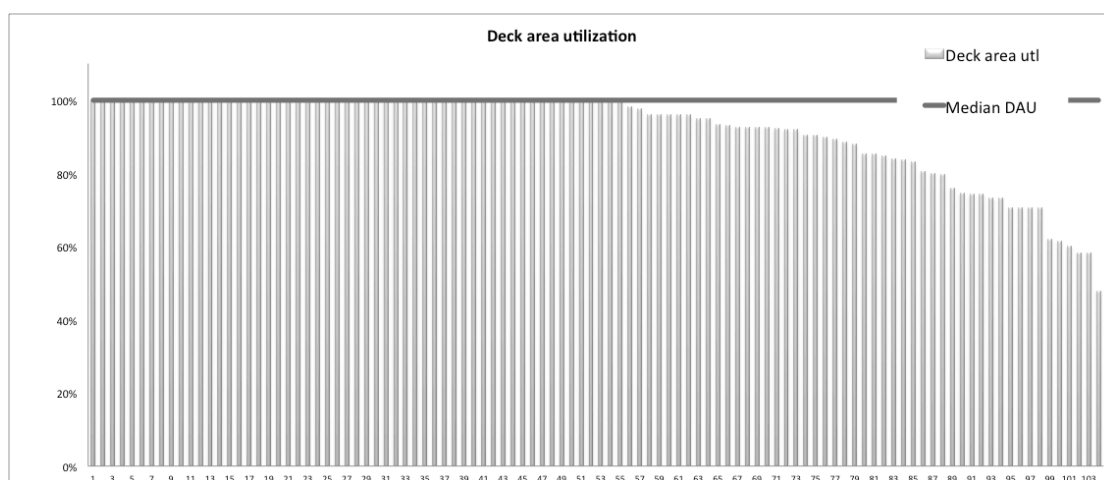


Figur 7 Utnyttjande av fraktdragande vikt

### 5.2.5 Utnyttjande av lastyta (flakmeter)

Användandet av lastyta är baserat på det utrymme som finns tillgängligt i det ögonblick som lastbilarna lämnar terminalen. Sammanräknat är den genomsnittliga fyllnadsgraden i detta sammanhang 91,8 % med en standarddeviation på 13,1 % och ett medianvärde på 100 % (Figur 8).

Det faktum att medianvärdet för utnyttjandegraden ligger på 100 % betyder att detta mått inte går att jämföra med övriga fyllnadsgradsmått. För transportörerna betyder detta att så länge allt gods kan lastas på lastbäraren utan risk för att något gods blir kvarlämnat tas ingen hänsyn tas till hur lastytan används. Transportörerna vinner istället tid på att hantera godset i så liten omfattning som möjligt. Således antas en maximering av effektiviteten i transportsystemet leda till att användandet av lastyta är så nära 100 % som möjligt.



Figur 8 Lastyta som fyllnadsgradsmått, delstudie 1

Nyttjande av lastyta (DAU) är ett mått som påverkas av både tillgång på gods och det sätt detta gods är lastat (lasthöjden) men är framförallt beroende på de insatser som görs för att konsolidera godset relaterat till volymsutnyttjandet. Då mängden gods inte utgör någon begränsning och då allt gods kan lastas ökar i regel DAU på bekostnad av den nyttjade lasthöjden medan volymsutnyttjandet är konstant.

### 5.3 Returtransport - flödesbalans

Returtransporter och flödesbalans har inte varit en del av den huvudsakliga studien, dock har denna information kunnat användas för en del av analysen då den tillgängliggjorts av ett av de studerade företagen (Tabell 4). Av sekretesskäl uppges dock inte vilket företag samt vilka destinationer det gäller utan endast transportavstånden. Analysen är baserad på fraktdragande vikt.

Studien visar att det finns stora variationer avseende balansen i tillgängligt gods mellan de olika destinationerna. I flera fall, speciellt då transportavståndet ökar, är mängden utgående gods väsentligt större än inkommande gods. För korta och medellånga avstånd är i regel flödesbalanserna bättre vilket också kan ses i Tabell 4 nedan. Sammantaget kan konstateras att det finns stora variationer i flödesbalanserna, både mellan de olika destinationerna och över veckans dagar och att dessa variationer försvårar för operatörerna att nyttja sina fordon fullt ut.

Det ställer också krav på att transportörerna tillhandahåller lastkapacitet som klarar av att hantera dessa variationer på ett effektivt sätt. För resursutnyttjandet får det däremot negativa konsekvenser i den mån att fyllnadsgraden för fordon och lastbärare minskar men också att ompositionering och andelen tomtransporter ökar. Om det var möjligt att reducera dessa variationer skulle också resursutnyttjandet öka till följd av ett mer effektivt nyttjande av den tillgängliga kapaciteten.

**Tabell 4 Flödesbalanser (urval) delstudie 1**

Avstånd [km]	Mån	Tis	Ons	Tor	Fre	Medel
<b>63</b>	0,88	2,07	2,05	1,47	0,95	1,48
<b>139</b>	0,53	0,86	0,48	0,55	0,74	0,63
<b>149</b>	1,76	1,69	1,41	1,80	2,09	1,75
<b>215</b>	0,56	0,77	0,60	1,19	1,32	0,89
<b>232</b>	0,17	0,48	0,54	0,69	0,46	0,47
<b>280</b>	0,98	0,95	1,29	0,76	1,18	1,03
<b>281</b>	0,60	0,16	0,13	0,32	0,41	0,32
<b>469</b>	0,48	0,58	0,53	0,45	0,72	0,55
<b>842</b>	0,16	0,29	0,20	0,15	0,85	0,33
<b>1368</b>	0,02	0,16	0,09	0,15	0,04	0,09
<b>Medel</b>	<b>0,55</b>	<b>0,70</b>	<b>0,60</b>	<b>0,59</b>	<b>0,61</b>	<b>0,61</b>

#### 5.4 Sammanfattning delstudie 1

Ett stort antal olika fakta har kunnat utläsas genom att studera fyllnadsgraden på de lastbilar som observerats i studien. Bland annat har vi kunnat konstatera att det i huvudsak är tillgången på gods som styr det aktuella resursutnyttjandet men också det sätt godset är lastat och i vilken utsträckning detta går att hantera på ett effektivt sätt vid lastning och lossning. Det senare kan direkt avläsas med avseende på den lastyta som nyttjas (DAU) men också relationen mellan volymsutnyttjande och den lasthöjd som observerats i studien.

Generellt kan sägas att det finns en relativt stor potential till att höja fyllnadsgraden, och därmed också resursutnyttjandet, för ett stort antal av de transporter som genomförs i det studerade transportnätverket. Det bör dock poängteras att ett flertal av de transporter som observerats i studien baseras på beslut som är tagna ur ett strategiskt perspektiv där transportnätverkets design, bland annat avseende antal terminaler och placeringen av dessa, får till följd att mängden gods för varje enskild transport ej räcker till för att fylla de fordon som används.

Tabell 5 Sammanfattning fyllnadsgrader delstudie 1

	Capacity (m)	Distance (km)	Volume utilisation (%)	Total weight (tonnes)	Weight utilisation (%)	DAU (%)	Load height utilisation (%)
<b>Average</b>	20,2	408,7	61,2	24,1	64,3	91,8	67,2
<b>Median</b>	19,7	274,0	61,9	21,8	64,0	100,0	69,8
<b>Stdev</b>	10,2	325,1	16,8	15,9	23,8	13,1	14,6

## 5.5 Korrelation mellan olika faktorer

Utöver den nulägesrepresentation av resursutnyttjande och fyllnadsgrad som givits av studien ges också en möjlighet att studera den potentiella relationen mellan fyllnadsgrad och andra faktorer vilka hanteras i samband med transporter av gods.

Transportefterfrågan och mängden gods som finns tillgänglig för transport är till synes en av de viktigaste faktorerna som styr möjligheten att fylla de lastbärare som används. Mängden gods som finns tillgänglig styr av flera skäl

För att öka läsbarheten redovisas endast resultaten av delstudie 2 i reducerad form. Istället görs en jämförelse mellan de båda undersökningarna för att tolka resultaten som en enhet.

## 5.6 Jämförelse mellan resultaten av de båda studierna och tolkning av resultatet

En jämförelse mellan de två delstudierna ger att vissa förändringar har skett mellan de två tillfällena då studier genomförts. Bland annat kan konstateras att medelvikten per sändning har ökat medan antalet sändningar har minskat markant

	<b>2011</b>	<b>2013</b>
Medelvärde transportkapacitet	18,8 m	19,94 m
Medelvärde transportavstånd	410 km	413 km
Medelvärde vikt per sändning	262 kg*	309 kg**
Medelvärde vikt per destination	24 144 kg	24 950 kg
Medelvärde antal sändningar	84*	37**
Medelvärde viktutnyttjande	64,3 %	50,5 %
Medelvärde volymutnyttjande	61,2 %	51,5 %
Medelvärde utnyttjad lastyta	91,8 %	88,5 %
Medelvärde utnyttjad lasthöjd	67,2 %	60,1 %

\* Data från två av tre speditörer

\*\* Baserat på data från endast en speditör

I studien kunde konstateras att fyllnadsgrad och resursutnyttjande beror på faktorer som direkt relaterar till hanteringen av gods. Detta involverar framför allt godsets egenskaper men också det sätt på vilket sändningarna hanteras i terminalerna.

Ett flertal av de olika mått som studerats kan därmed förbättras genom förbättringar vid hanteringen av godset:

Volymbaserad fyllnadsgrad (61% respektive 51,5%) – ett definitivt mått som grundar sig på det faktiska utnyttjandet av den totala lastkapaciteten. Detta mått baserar sig på transportföretagets möjligheter att fysiskt samlasta gods på ett sådant sätt att så mycket gods som möjligt kan tas ombord på de lastbärare som används. Konkret så påverkas den volymbaserade fyllnadsgraden på godsets densitet, dvs. förhållandet mellan vikt och volym, och där ett effektivt nyttjande av lastkapaciteten förutsätter att både enskilda kollin och pallat gods i större sändningar kan samlastas på ett effektivt sätt.

Lasthöjd (67 % resp. 60 %)– ett relativt mått som i mångt och mycket baseras på transportköparnas, dvs. kundernas, preferenser och incitament. Flera försök har gjorts från transportbranschens sida att få kunderna att lasta godset på ett sådant sätt att höjden på lastbärarna kan utnyttjas bättre, bland annat genom att erbjuda differentierade priser baserat på godsets lasthöjd. Problematiken ligger här dock i att transportkostnaden utgör en mindre del av den totala kostnaden varför flertalet kunder inte anser det intressant att göra de anpassningar som krävs.

Fraktdragande vikt (64 % resp. 50,5 %) – ett relativt mått som i detta avseende framför allt i kalkylen beskriver mängden gods som finns tillgängligt för transport. Enligt den korrelationsanalys som gjort beror denna faktor till stor del på tillgången på gods vilket då även förklarar hur detta gods konsolideras i samband med transportens genomförande, dvs. insatsen som görs vid lastning i avsändande terminal.

Nyttjande av lastyta (92 % resp. 88,5 %)– även detta ett relativt mått då det sammanfaller med flera de andra faktorer som mätts inom ramen för studien. Det har under studiens gång visat sig att detta mått i första hand baseras på hur man väljer att lasta transportenheten för att så effektivt och säkert som möjligt få med det gods som skall transporteras.

”Fyllnadsgrad” (73 % resp. 64,6 %) – är ett framräknat mått baserat på de tre enheterna, lasthöjd, betalad vikt och nyttjande av lastyta. Genom att beräkna det geometriska medelvärdet av dessa mått fås ett balanserat mått som går att relatera till samtliga av de faktorer som är av betydelse för hur transportresurserna används.

## 5.7 Hypoteser för relationer mellan fyllnadsgrad och påverkande faktorer

Under studiens gång gjordes ett flertal observation avseende hanteringen av gods och under vilka förhållanden som de studerade situationers uppkommit. Ett flertal hypoteser gjordes därefter avseende de faktorer som ansågs relevanta för fyllnadsgraden respektive resursutnyttjandet (Tabell 6).

Tabell 6 Hypoteser kring påverkan av fyllnadsgrad

Faktor	Hypotes
Volymbaserad fyllnadsgrad	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Den volymbaserade fyllnadsgraden kommer att öka i samband med att mängden gods ökar</li> <li>b. Om den volymbaserade fyllnadsgraden är hög kommer även den viktbaserade fyllnadsgraden att vara det</li> <li>c. Volymbaserad fyllnadsgrad kommer att öka i samband med att destinations storlek ökar</li> </ul>
Viktbaserad fyllnadsgrad	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Den viktbaserade fyllnadsgraden kommer att öka då mängden gods ökar</li> <li>b. Den viktbaserade fyllnadsgraden kommer att minska i de fall då mängden gods minskar</li> </ul>
Transportavstånd	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Fyllnadsgraden ökar i samband med att transportavståndet ökar</li> <li>b. Korta transportavstånd innebär minskande fyllnadsgrad</li> </ul>
Utnyttjad lastyta	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Utnyttjandet av lastyta är oberoende av mängden gods</li> <li>b. Ingen korrelation mellan utnyttjande av lastyta och fyllnadsgrad</li> </ul>
Tillgängligt gods	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Fler avgångar till en och samma destination innebär att fyllnadsgraden ökar</li> <li>b. Ju större destinationens storlek (invånare/antal näringsidkare) ju högre är fyllnadsgraden</li> <li>c. Låg fyllnadsgrad accepteras för att upprätthålla transportnätverkets servicegrad</li> </ul>

I samband med att dessa hypoteser togs fram gjordes även omfattande korrelationsanalyser avseende de olika faktorernas inverkan på varandra. Sammanfattningsvis kunde konstateras att det underlag som analyserades inte påvisade några tydliga samband mellan faktorerna i statistisk mening. Däremot kunde vissa tendenser uttydas avseende denna påverkan (se Tabell 7 nedan)



Tabell 7 Övergripande resultat från korrelationsanalys

	Viktutnyttjande	Volymsutnyttjande	Utnyttjad lastyta
Transportavstånd	Övergripande negativ effekt	Ingen effekt	Ingen effekt
Mängd gods tillgängligt för transport	Positiv effekt	Positiv effekt	Ingen effekt
Returtransporter	Negativ effekt	Negativ effekt	Negativ effekt
Viktutnyttjande	-	Positiv effekt	Positiv effekt
Volymsutnyttjande	Negativ effekt	-	Positiv effekt
Utnyttjad lastyta	Ingen effekt	Ingen effekt	-

Vad som är viktigt att poängtera är att spridningen inom respektive faktor är mycket vilket innebär att generella mönster är svåra att uppskatta och därmed även att säkerställa statistiskt. Faktorerna är dessutom i viss mån beroende av varandra vilket innebär att den statistiska analysen haltar en aning. Tydligaste sambandet är att den viktbaserade och volymbaserade fyllnadsgraden ökar i samband med att den tillgängliga mängden gods ökad. Däremot är osäkerheten desto större avseende den utnyttjade lastytan för vilken tydliga samband saknas.

### 5.8 Kombinerade mått på fyllnadsgrad

Beroende på kapacitetsbegränsningar kan inte lastbärarna användas fullt ut på alla sätt, till exempel utifrån vikt eller tillgänglig lastyta. En enhet som är fullt utnyttjad och där fyllnadsgraden närmar sig 100 procents volymsutnyttjande kan fortfarande vara underutnyttjad i avseende på vikt eller lastyta. Det senare beror ofta på att godsets densitet är låg vilket i sin tur innebär att den tillgängliga lastvolymen är fylld innan dess att maximal lastvikt uppnåtts. Detta innebär att man i de sektorer där det transporterade godset har en låg densitet kommer att underskatta det faktiska resursutnyttjandet. Vidare innebär ofta små marginaler avseende produkternas lasthöjd att lastningen ofta begränsas mer av den tillgängliga lastytan än den tillgängliga volymen (McKinnon, 2010). Därför är ofta volymbaserade mått på fyllnadsgraden mer lämpliga att använda (McKinnon and Edwards, 2010).

”Deck Area Utilisation” - DAU är ett mått som speglar utnyttjandet av tillgänglig kapacitet baserad på de fysiska egenskaperna på godset, utan även den tid och resurser som läggs på lastning och lossning av gods. Från ett godshanteringsperspektiv bör DAU vara nära 100 % för att minimera den tid

som används för lastning av godset. En låg uppmätt DAU är därför ofta en konsekvens av att efterfrågan på godstransporter är liten i förhållande till den lastkapacitet som transportörerna erbjuder. I verkligheten ligger därför DAU nära 100 procent då det återspeglar principerna för hanteringen av godset, bland annat utifrån lastsäkring och lasteffektivitet. Det är bland annat säkrare att fördela godset över en så stor yta som möjligt än att fylla delar av lastutrymmet med gods.

Betalande (fraktdraganade) vikt har här använts av praktiska skäl. Detta för att kunna mäta den viktbaserade fyllnadsgraden. Betalande vikt är också vad de transportörerna använder för prognostisera och planering av lastkapacitet. Att betalande vikt används i stället för verklig vikt har två viktiga konsekvenser:

1. Densiteten av varorna har stor inverkan på viktutnyttjandet, och att
2. Måttet i sig bör användas med försiktighet då det även innefattar godsets volym

Betalande vikt har beräknats i förhållande till vikt och kapacitet av fordonen och den betalande vikt som rapporterats av transportörerna. Varje flakmeter har tilldelats en maximal kapacitet på 1950 kg, vilket är den maximala betalande vikt som används av transporterna. Detta innebär att den maximala lastvikten av en 12,5 meter trailer har uppskattats till 24.375 kg. Att använda betala vikt istället för verklig vikt innebär att det verkliga värdet kan överstiga 100 % vilket måste beaktas vid användning av formeln.

Ett sätt att hantera de olika egenskaperna hos de studerade åtgärderna är att kombinera dem på olika sätt. Genom att ta det geometriska medelvärdet mellan de olika åtgärderna kan en ökad förståelse för de ingående parametrarna uppnås.

$$FR = \sqrt{PW * LH}$$

Båda måtten (betalande vikt och lasthöjd) är nära relaterade till transportörernas affärsmodeller men också till godsets egenskaper. Beroende på affärsmodell har speditörerna olika skäl för att optimera användningen av de lastbärare som används. I det här fallet kommer att fyllnadsgraden att vara beroende av den tid och de resurser som läggs på att lasta godset så effektivt som möjligt på den resurs som används.

$$FR = \sqrt{DAU * LH}$$

Däcksnyttjandegrad och lasthöjd är de två mått som avser de godsets egenskaper och som definierar möjligheten att hantera och stapla godset så effektivt som möjligt.

$$FR = \sqrt{PW * DAU}$$

I samband med denna mätning har ett nytt mått tagits fram för att på ett enkelt sätt beräkna fyllnadsgraden. Detta mått tar hänsyn till samtliga faktorer som studerats empiriskt i projektet. Enkelheten i måttet gör att det är lätt att applicera något som är viktigt för de tilltänkta användarna av måttet.

Detta mått baseras på de tre parametrarna utnyttjande av lastyta (DAU), betalande vikt (PW) och lasthöjd (LH). Samtliga parametrar är lätta att mäta både genom observationer och baserat på data från informationssystemet. Faktorn (REU) uttrycks som en funktion av utnyttjandet av lastyta, betalande vikt, och den genomsnittliga lasthöjden.

$$ReU = f(Ldm * Height * Weight)$$

Detta fyllnadsgradsmått kombinerar därmed de fysiska egenskaperna hos godset med den tillgängliga mängden gods samt godsets hanterbarhet. Även om de tre ingående faktorerna kan tolkas på olika sätt och är av olika betydelse för hur mycket gods som kan lastas är de lika viktiga i ett övergripande perspektiv. Därför beräknas fyllnadsgraden i detta som det geometriska medelvärdet av de tre parametrarna.

$$FR = \sqrt[3]{(DAU, PW, LH)}$$

Det finns flera sätt på vilka detta mått kan användas rent praktiskt. Primärt ger det en mer rättvis bedömning av den faktiska fyllnadsgraden i en lastbärare. Istället för att visa på vikt eller volym tar måttet även hanterbarheten som en parameter och på vilket sätt godset hanteras i terminal avseende de insatser som krävs vid lastning och lossning. Det föreslagna fyllnadsgradsmåttet underlättar även vid identifiering av avgångar och individuella relationer i godstransportnätverket där det finns en potential till förbättringar.

## 6 Miljö- och energiberäkningar

Som grund för de miljö- och energiberäkningar som gjorts ligger de två fyllnadsgradsstudier som gjort inom ramen för projektet. Detta innefattar även en verifiering av de metoder som använts för informationsinhämtning.

Antaganden som gjort i samband med miljöberäkningarna har varit

- Möjlighet att ställa fordon och lastbärare då fyllnadsgraden varit så låg att antingen fordon, släp, trailer eller någon kombination av dessa har kunnat ställas
- Att avställning av fordon och/eller lastbärare är möjligt och att detta ej påverkar transporter i motsatt riktning

Som underlag för beräkningar av energianvändande har resultatet av delstudie 2 använts. Genom att utgå från de volymer som uppmätts i studien och anpassa valet av lastbärare efter dessa har en optimal lastkapacitet kunnat tas fram. På så sätt har vi kunnat jämföra nuvarande energiförbrukning, baserat på val av fordon samt fordonens vikt, med ett teoretiskt optimalt energianvändande.

Exempel på beräkning :

Nuvarande transporter till destination X sker med en fyllnadsgrad (volym) på 63 %. Transportavståndet är Y km och transporten sker med Z m<sup>3</sup> lastkapacitet. I detta fall skulle destinationen X kunna vara Stockholm, transportavståndet Y vara 469 km och lastkapaciteten Z motsvara två bil med trailer (2\*20,8\*3,1\*2,5). Vid en fyllnadsgrad på 63 % skulle detta innebära att en teoretisk möjlighet att effektivisera hanteringen så att istället för den valda fordonskombinationen skulle en trailer eller dragbil<sup>2</sup> kunna ställas av för att på så sätt spara bränsle och därmed bidra till en reducerad energianvändning.

Tabell 8 Exempel på beräkning av effektivisering

X	Sträcka	Göteborg - Stockholm
Y	Distans	469 [km]
Z	Lastkapacitet/fordonskombination	2 st dragbil och trailer (20,8 + 20,8)*3,1*2,5 = 322,4 [m <sup>3</sup> ]
FG	Fyllnadsgrad	63 %

I detta fall skulle det vara möjligt att ställa dragbilen till förfogande för annat gods vilket skulle innebära att fyllnadsgraden istället skulle ligga på drygt 80 % (vilket anses fullt realiserbart) och att en energibesparing skulle kunna genomföras avseende den del av framförandet som härrör från det gods som lastas på dragbilen. Dock får man här också ta hänsyn till att totalvikten på de lastbärare som används höjs vilket reducerar energibesparingen något.

### 6.1 Energibesparing baserat på verkliga data

Från de resultat som redovisat tidigare har det varit möjligt att göra beräkningar avseende en potentiell energibesparing. Genom att beräkna den volym som ej utnyttjats har ett teoretiskt värde kunnat tas fram avseende vilka resurser som kunnat ställas och vilka effekter detta skulle kunna ge i form av minskad energianvändning, framräknat från den mängd diesel som kan sparas vid ökad samlastning. För att kunna göra en övergripande bedömning har vi antagit att de transporter som mätts i studien är representativa för styckegodshanteringen i Sverige på årsbasis och att denna hantering sker 45 veckor om året, med justering för semestrar och ledighet. Vidare har vi även antagit att de studerade företagen har en marknadsandel på 60 % vilket troligtvis är något lågt räknat Tabell 9. Beräkningarna har gjorts av Sebastian Bäckström på IVL Svenska Miljöinstitutet.

Tabell 9 Förutsättningar för vidare beräkningar

Antal veckor med denna trafik per	45
-----------------------------------	----

<sup>2</sup> Ställandet av en dragbil förutsätter att denna kan användas för andra typer av gods på samma sträcka alternativt att trailern kan sändas intermodalt, dvs. på ett kombigodståg med kapacitet att ta trailers.

år	
Andel av allt gods från Göteborg	60 %

Analysen visar att det finns en betydande potential i att öka fyllnadsgraden i de lastbärare som används för att på så sätt kunna reducera den faktiska lastkapaciteten och genom det minska energianvändningen med 14 % (Tabell 10). Värt att notera är också att denna analys visar på något som är realiserbart och att det faktiska resultatet att antalet fordon som framförs på vägarna idag skulle kunna reduceras. En summering av de värden som framkom i analysen finns i Tabell 10 nedan.

**Tabell 10 Energibesparingspotential vid överflyttning inom samma företag**

Omflyttning inom samma företag	Diesel [m <sup>3</sup> ]	[MJ]
Besparing genom ökad konsolidering för aktuell period	8,16	287,0
Tidigare förbrukning	56,6	1 991 644
Besparing (%)	14 %	
Besparing genom ökad konsolidering för helår (45 v)	367	12 913 715
Besparing för allt gods från Göteborg (60 % marknadsandel)	612	21 522 858

I beräkningarna har vi även gjort ett försök att till att få fram ett scenario där samlastning sker oavsett vilken transportör som utför transporten (Tabell 11). Detta innebär att allt gods till en och samma destination har antagits kunna transporteras av en och samma aktör. Exempelvis skulle detta kunna innebära att de tre speditörerna som studerats skulle få möjlighet att samordna sina flöden till de norrländska orter som normalt hanterar en mindre mängd gods.

Tabell 11 Energibesparingspotential vid överflyttning mellan alla företag

Omflyttning mellan alla företag	Diesel [m3]	[MJ]
Besparing genom ökad konsolidering för aktuell period	10,6	373 372
Tidigare förbrukning	56,6	1 991 644
Besparing (%)	19 %	
Besparing genom ökad konsolidering för helår (45 v)	478	16 801 719
Besparing för allt gods från Göteborg (60 % marknadsandel)	796	28 002 866

I denna sammanställning har en besparingspotential på 19 % kunnat räknas fram vilket på årsbasis skulle kunna innebära en minskad energiförbrukning på 28 TJ bara på styckegodstransporterna från Göteborg ut i landet. Detta motsvarar en ungefärlig besparing på 796 m3 Dieselolja. Värt att notera är också att detta endast är en del av det totala godsflödet i Sverige och att möjligheterna att energieffektivisera inom transportsektorn skulle innebära stora kostnadsfördelar även för de enskilda aktörerna.

## 7 Diskussion

*I detta avsnitt följer en diskussion med fokus på de övergripande resultat som framkommit i de olika studier som genomförts inom ramen för projektet.*

I arbetet med att ta fram energieffektiviseringspotentialen i de studerade godstransporterna har fyllnadsgraden i lastbärarna använts för att ge uttryck för nuläget i transportsystemet. Det är på detta sätt möjligt att få fram grundläggande data om hur transportresurserna utnyttjas. Det är också möjligt att få fram ett samband mellan godsets egenskaper, på vilket sätt det hanteras av transportköpare och transportörer och möjligheten att nyttja lastbärarna fullt ut.

Det som framkommit i de genomförda studierna är att det finns flera faktorer som på olika sätt påverkar fyllnadsgraden när det gäller de vägbaserade transporter som studerats här.

- Effektivare utnyttjande av befintliga fordon och lastbärare
- Bättre kommunikation mellan transportköpare och transportörer för att reducera osäkerheten i transportkedjan
- Effektivare resursstyrning för att tillåta ökat samarbete inom den egna organisationen
- Möjligheter att samordna gods mellan aktörer i godssvaga länkar<sup>3</sup>

På en övergripande nivå kan flera olika faktorer relaterade till Informations och kommunikationsteknologi – IKT lyftas fram:

- VMS-lösningar – planeringssystem för effektivare allokering av fordon och lastbärare
- Kommunikationslösningar mellan transportörer och transportköpare
- Märkning av godset för identifiering och spårbarhet
- Uppföljning och rapportering av operationell data (tex relaterat till CO2 emissioner och andra hållbarhetsparametrar)
- Etc.

Vilket projekt titeln antyder så är stora delar av de åtgärder som krävs för att öka nyttjandegraden i transportsystemet relaterade till information och IKT. Framför allt innebär detta olika typer av planeringssystem, både avseende transportörernas möjligheter att planera för ett effektivt utnyttjande av resurserna men också avseende transportköparnas möjligheter att fatta medvetna beslut avseende transporttjänsternas kvalitet.

Framför allt har godsets egenskaper, dvs. den fysiska sammansättningen av olika typer av gods stor betydelse för fyllnadsgraden. Ansvaret faller både på transportköparna och transportörerna att förpacka och lasta godset på ett sådant sätt att den fortsatta hantering sker på ett så smidigt sätt som möjligt.

---

<sup>3</sup> Dvs. samarbete mellan de olika transportörerna vilket idag är otillåtet men skulle kunna motiveras av det sviktande godsunderlaget

För detta använder sig transportörerna bland annat av olika typer av prismodeller där gods som tillåter effektivare hantering ges en lägre kostnad. På detta sätt ges incitament till transportköparna att förpacka godset effektivare vilket också innebär en effektivare hantering av godset på terminal och i lastbärare.

En ytterligare aspekt är planerbarheten och möjligheten att planera för ett effektivare resursutnyttjande. I dagsläget finns förhandsinformation endast avseende ca 30 % av godsvolymer, information avseende resterande gods finns först tillgängligt i det ögonblick då godset hämtas av transportören ute hos kunden. Denna brist på information leder till att variationer i mängden gods inte kan hanteras optimalt och att transportörerna behöver ha större marginaler än vad annars skulle varit nödvändigt.

Just planerbarheten är också en av de nyckelfaktorer som återfinns inom IKT med tydlig koppling till godstransportsystemet och dess aktörer. I tidigare studier har bland annat transportnätverkets utformning studerats och speciellt möjligheten att kombinera olika typer av principer för transportnätverkets design och utformning. Bland annat konstateras att fyllnadsgraden och därmed också resursutnyttjandet kan höjas genom att kombinera ett terminalnätverk (hub-and-spoke) med direkttransporter och på så sätt eliminera en del av de transporter där fyllnadsgraden är låg. Vilket tidigare kunnat konstateras kan på detta sätt en betydande del av antalet fordon rationaliseras bort (Kalantari, 2011; Arnäs et al., 2013).



## 8 Slutsatser

I projektet har vi kunnat visa att det finns en betydande potential i det svenska transportsystemet i form av tillgänglig kapacitet. Våra beräkningar visar att fyllnadsgraden för närvarande ligger mellan 50 och 60 procent, en i sammanhanget relativt låg siffra med tanke på att flera transporter utförs med betydligt högre fyllnadsgrad.

Samtidigt finns det ett flertal olika faktorer som styr nivån på fyllnadsgraden i det studerade transportsystemet. De som diskuterats i denna rapport är bland andra:

- *Tillgång på gods – transportbehov*
- *Informationstillgång – möjlighet att planera och allokera lämpliga resurser*
- *Insatser för konsolidering och hantering av gods*

För att transportsystemet skall fungera krävs också en flexibilitet från transportörernas sida att kunna hantera gods som inte förannonserats genom tidiga bokningar. Det är med andra ord av stor betydelse för en framtida realisering av den potential som diskuterats i denna rapport att kommunikationen mellan transportörer och transportköpare kan förbättras för att på så sätt eliminera den osäkerhet som annars råder.

I dagsläget är knappt en tredjedel av alla sändningar kända vilket innebär att en stor del av resursallokeringen sker baserat på historiska data. Det innebär således att systemet präglas av reaktivitet snarare än proaktivitet men också att möjligheterna att effektivt kunna planera tillgången på kapacitet reduceras markant.

Genom att applicera principer för ett hybridtransportnätverk har konstaterats att en ökad informationstillgång och kunskap inkommande sändningar kan leda till ett reducerat behov av resurser vilket leder till att färre lastbilar behövs som i sin tur reducerar energibehovet (Kalantari 2012, Arnäs, Holmström et al. 2013).

Att det är möjligt att effektivisera godshanteringens har bevisats genom den fallstudie som genomförts i projektet. För närvarande används tillgängliga resurser på ett sätt som inte är optimalt vilket visar sig vid mätningar av fyllnadsgraden i de fordon som används. Även om en stor del av denna kapacitet inte kan användas direkt så innebär det att det trots allt finns möjlighet att väsentligt reducera energianvändningen i transportsystemet. Beräkningar som gjorts med avseende på fyllnadsgradsstudien visar på en potentiell besparing på 21,5 TJ vilket motsvarar 14 % av det totala energianvändandet inom det studerade området. En dylik besparing bygger på att rätt resurser kan allokeras i varje enskilt fall. För att ett effektivare resursanvändande skall kunna realiseras krävs således en effektivare konsolidering och hantering av gods, både beträffande den fysiska hanteringen och det sätt som transportkapaciteten prognosticeras och utförs.

En viktig konsekvens av detta arbete är potentialen att förbättra resursutnyttjandet genom olika åtgärder, både från ett transportanvändarperspektiv som ur ett transportörsperspektiv. Även om endast en del av den framräknade besparingspotentialen kan nyttjas skulle de miljömässiga och finansiella konsekvenserna vara av stor betydelse för transportbranschen.

## Referenser

- Arnäs, P. O., J. Holmström and J. Kalantari (2013). "In-transit services and hybrid shipment control: The use of smart goods in transportation networks." Transportation Research Part C: Emerging Technologies **36**(0): 231-244.
- Crainic, T. G. (2000). "Service network design in freight transportation." European Journal of Operational Research **122**(2): 272-288.
- Crainic, T. G. and G. Laporte (1997). "Planning models for freight transportation." European Journal of Operational Research **97**(3): 409-438.
- Drewes Nielsen, L., P. Homann Jespersen, T. Petersen and L. Gjesing Hansen (2003). "Freight transport growth - A theoretical and methodological framework." European Journal of Operational Research **144**(2): 295-305.
- Groothedde, B., C. Ruijgrok and L. Tavasszy (2005). "Towards collaborative, intermodal hub networks: A case study in the fast moving consumer goods market." Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review **41**(6): 567-583.
- Hultén, L. A. R. (1997). Container logistics and its management Doctoral, Chalmers University of Technology.
- Kalantari, J. (2012). Foliated Transportation Networks - Evaluating feasibility and potential. Doctor of Philosophy Doctoral Thesis, Chalmers University of Technology.
- Lumsden, K. (2012). Logistikens grunder. Lund, Studentlitteratur.
- McKinnon, A. C. and J. Campbell (1997). Opportunities for Consolidating Volume-constrained loads in Double-deck and High-cube Vehicles. Christian Salvesen Logistics Research Paper No.1, Heriot-Watt University, Edinburgh.
- McKinnon, A. C. and Y. Ge (2004). "Use of a synchronised vehicle audit to determine opportunities for improving transport efficiency in a supply chain." International Journal of Logistics Research and Applications **7**(3): 219-238.
- McKinnon, A. C. and A. Woodburn (1996). "Logistical restructuring and road freight traffic growth: An empirical assessment." Transportation **23**(2): 141-161.
- Pahlén, P.-O. and F. Börjesson (2012). Measuring resource efficiency in long haul road freight transport. NOFOMA, Naantali, Finland.
- Persson, P.-O. and K. R. Lumsden (2006). Foliated Transportation Networks. Logistics Research Network, Newcastle, United Kingdom.
- Persson, P.-O. and J. Waidringer (2006). Foliated Transportation Networks. 18th Annual Nofoma Conference, Oslo, Norway.
- Roy, J. and T. G. Crainic (1992). "Improving Intercity Freight Routing with a Tactical Planning Model." Interfaces **22**(3): 31-44.
- Sanchez-Rodrigues, V., A. Potter and M. M. Naim (2010). "Evaluating the causes of uncertainty in logistics operations." International Journal of Logistics Management **21**(1): 45-64.

Sanchez-Rodrigues, V., A. Potter and M. M. Naim (2010). "The impact of logistics uncertainty on sustainable transport operations." International Journal of Physical Distribution & Logistics Management **40**(1-2): 61-83.

Woxenius, J. (2007). "Generic Framework for Transport Network Designs: Applications and Treatment in Intermodal Freight Transport Literature." Transport Reviews **27**(6): 733-749.