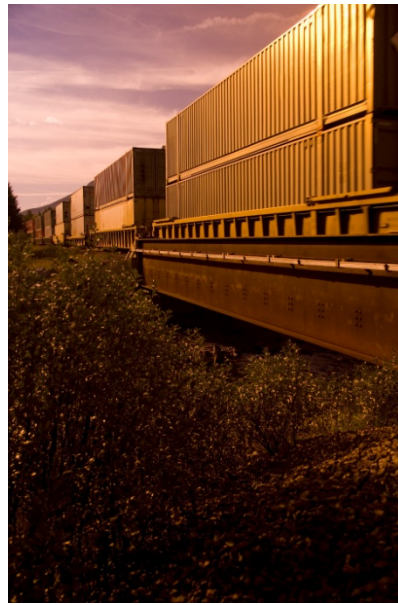




SIR-C Swedish Intermodal Transport
Research Centre

UTVÄRDERING AV INTERMODALA TRANSPORTKEDJOR

- *Sammanfattning*
2010-06-01



*Avdelningen för
trafik och logistik*

*Marcus Wallenberg
laboratoriet*



MariTerm

TFK

Förord

Kombitrafik är en kombination av transportmedel där man försöker få ut det bästa av varje transportmedel. För att kunna utvärdera intermodala transportkedjor har vi också samarbetat för att få ut det bästa av olika kompetenser inom forskningen. Därför har detta projekt blivit ett tvärvetenskapligt projekt där flera parter deltagit: KTH med forskning inom trafik och logistik och vibrationer, TfK som är näringslivets forskningsorgan och Mariterm som är en konsultfirma bl.a. specialiserad på godsskydd och lastsäkring.

KTH Järnvägsgrupp vid avdelningen för trafik och logistik har varit projektledare och haft huvudansvar för kartläggning av transportkedjor och slutrapport. Bo-Lennart Nelldal och Robert Sommar har varit projektledare och Gerhard Troche har medverkat.

Mariterm har ansvarat för fältmätningar av skakningar och vibrationer i terminaler och på fordon, analyserna av godskadestatistik och riskanalysen. Peter Andersson har varit projektledare och Sven Sökjer Petersen, Nils Andersson och Rikard Enskär har medverkat. Marcus Wallenberg Laboratoriet (MWL) vid KTH har svarat för stöt- och vibrationssimulering med skakbord och analys av data. Ulf Erik Carlsson, HP Wallin och Kjell Ahlin har deltagit i detta arbete. Under delar av riskanalysen deltog även Lars Ahlstedt, European Rail Consulting.

Transportforsk (TfK) i Stockholm har svarat för utveckling av kostnadsmodeller och deltagit intervjuer med transportköpare. Peter Bark har varit projektledare, Mattias Skoglund och Janni Jensen har deltagit. Från TfK Borlänge har Fredrik Bärthel deltagit. Arbetet har varit givande med många gemensamma möten och workshops.

Vi vill i sammanhanget passa på att tacka de företag som bidragit till genomförande av mätningar, intervjuer och analyser. För fallstudierna gäller det transportchefer eller motsvarande vid Stora Enso; Sandvik, Coop; ICA, Clas Ohlson, Schenker och Göteborgs hamn. När det gäller mätningar i terminaler och på fordon vill vi tacka CargoNet AB, Helsingborgs Hamn AB, Trelleborgs Hamn AB och Börje Jönssons Åkeri AB. För att vi fått tillgång till godskadestatistik från StoraEnsos pappersbruk i Fors vill vi rikta ett stort tack särskilt till Kent Rabb och Merja Olsbacka som deltagit i delar av analysen. För tillgång till gods att testa genom skakprover vill vi rikta ett tack till Annas Pepparkakor, IKEA och StoraEnso Fors.

Detta är en huvudrapport som har författats av Robert Sommar och Bo-Lennart Nelldal med bidrag från alla delprojekt. Ett antal delrapporter har sammanställts av de deltagarna, se rapportens baksida. Mer information finns också på SiR-C hemsida och de olika forskargruppernas hemsidor.

Projektet har finansierats gemensamt av Vägverket och Banverket genom det virtuella forskningscentrat SiR-C (Swedish Intermodal Research Center). Vi vill tacka de ansvariga handläggarna Rickard Engström på Vägverket och Malcolm Lundgren på Banverket. Arbetet har präglats av ett trafikslagsövergripande synsätt och passar på så sätt väl in i den nya organisationen för transportsektorn med ett gemensamt Trafikverk.

Stockholm maj 2010

Bo-Lennart Nelldal
Robert Sommar
KTH

Peter Andersson
Mariterm

Ulf Carlsson
MWL KTH

Peter Bark
TfK

Sammanfattning

Syftet med detta projekt har varit att identifiera de svagaste länkarna i en intermodal transportkedja. Detta ska ge underlag för förslag till hur dessa elimineras så att kombitrafiken kan bli mer attraktiv på transportmarknaden. I detta projekt har givetvis inte allt kunnat analyseras. En målsättning har varit att undersöka sådant som är mindre känt tidigare och där det också går att utveckla metoder. Projektet har delats in i följande delar:

- Fallstudier av ett antal transportkedjor
- Utveckling av kostnadsmodeller för terminaler och transportkedjor
- Fältmätningar av stötar och vibrationer i terminaler och vid transport
- Stöt- och vibrationssimulering med skakbord i laboratorium
- Djupanalys av skadestatistik från ett företag med bra statistik
- Riskanalys för oönskade händelser i ett antal transportkedjor
- Utvärdering av resultat och identifiering av svaga länkar
- Förslag till åtgärder för att eliminera svaga länkar.

Urvalet av transportkedjor, för fältmätningar av accelerationer och för simulering med skakbord framgår av tabell på nästa sida.

Det som är det främsta bidraget ur kvantitativt vetenskaplig synvinkel är mätningarna av stötar och vibrationer i fält och de efterföljande simuleringarna och analyserna med skakbord. Något sådant har inte gjorts tidigare för denna typ av transporter. Dessa visar att påkänningarna vid normal hantering och transport inte är kritiska. Detta är också en viktig slutsats som kanske kan slå håll på myten att man inte kan använda kombitrafik p.g.a. risk för godsskador.

Fallstudier av transportkedjor

För de som har valt kombitransport gäller i regel att kostnaden är lägre med kombitransport än med direkt lastbilstransport. Dock är oftast transporttiden med kombitransport betydligt längre än med lastbil i de studerade transportkedjorna. Vid granskning av transporttiderna på järnväg så är den passiva tiden ofta en stor del av transporttiden. Om den passiva tiden räknas bort så kommer järnvägstransporten upp i konkurrenskraft gentemot lastbilen.

För terminaltiderna finns troligen även där viss potential för förbättring. Vissa kunder förhandlar till sig något tidigare utlämning än vad tidtabellen anger. Transporttiden med lastbil används i kombitransportkedjorna som bufferttid mot förseningar.

Transportfrekvensen anses ibland otillräcklig med kombitransport, ibland önskas fler avgångar per vecka och ibland fler per dag. I flera transportkedjor körs lastbil parallellt med kombitransport beroende på den leveranstid och frekvens som kombitransporten erbjuder.

Punktligheten är relativt god och det finns en acceptans för mindre förseningar. Deadline för bokning av kombitransport anses ofta vara för tidig. Skaderisken i samtliga transportkedjor anses vara väldigt låg, och därför förs sällan någon statistik över dessa. Vissa kunder upplever en viss brist på materiel och spårkapacitet.

Tabell: Urval av fallstudier av transportkedjor

	Relation	Transport	Företag	Varuslag
1	Fors-Göteborg (-Storbritannien)	Kombi	Stora-Enso	Papper
2	Gävle-Milano	Kombi	Sandvik	Stål
3	Skåne-Bro	Vagnslast	Coop	Dagligvaror
4	Göteborg-Insjön	Kombi	Claes Ohlsson	Färdigvaror
5	Göteborg-Torsvik	Kombi	IKEA	Porslin
6	Torsvik-Stockholm	Kombi	IKEA	Porslin
7	Malmö-Stockholm	Lastbil	Schenker	Styckegods
8	Falkenberg-Stockholm Stockholm-Kungälv	Kombi	ICA	Livsmedel

Tabell: Urval för fältmätningar av accelerationer vid terminalhantering och transport

	Plats	Transportmedel/hanteringsutrustning	Lastbärare
1	Malmö-Stockholm	Kombi-Järnväg	Trailer Växelflak
2	Helsingborg	Trailer-slinga	Trailer 25 ton Trailer 12 ton
3	Trelleborgs hamn	Tugmaster-rolltrailer Tugmaster-chassie Tugmaster-chassie+Reach-stacker	Växelflak
4	Helsingborgs hamn	Hamnkran Reach-stacker Skrinda Mover	
5	Malmö kombiterminal	Hamnkran Reach-stacker	Trailer Container Växelflak

Tabell: Urval av varor för test på skakbord

	Varuslag	Vara	Företag	Proven omfattar
1	Papper	Pappersbal, finpapper	Stora-Enso	Stöt- och vibrationprov
2	Porslin	Tallrikar	IKEA	Stöt- och vibrationprov
3	Glas	Glas	IKEA	Stöt- och vibrationprov
4	Livsmedel	Pepparkakshus	Annas	Stöt- och vibrationprov

Kostnadsmodeller för transporter och terminaler

Kostnaden utgör enligt många undersökningar den viktigaste faktorn för valet av transportmedel givet att de grundläggande kvalitetskraven kan uppfyllas. Kostnaden för en kombitransport kan därför utgöra ett hinder för att kunden ska välja kombitransport.

Det som skiljer kombitransporter från direkta lastbilstransporter är de höga kostnaderna för terminalhantering och matartransporter. Detta i kombination med att det oftast ryms mindre gods i en lastbärare än i en lastbil eller järnvägsvagn innebär att kostnaden per m³ ofta blir högre. Det är också svårare att köra returgoods med kombi än med direkt lastbilstrafik.

För att analysera kostnaderna för kombitransporter har två modeller utvecklats: En modell för att beräkna kostnaden för hela transportkedjan och en särskild terminalkostnadsmodell.

Transportkedjemodellen är översiktlig. För att skatta modellens tillförlitlighet jämfördes modellens resultat med typvärden för en kombitransport med CargoNets priser, se figur. En slutsats som kan dras är att kostnadsmodellen ligger i rätt storleksordning vid beräkning av kostnaden för en kombitransport och att modellen tycks uppskatta kostnaden för transport av container relativt nära verkligheten. Modellens kostnad är linjär mot avståndet men börjar med en språngkostnad som följd av terminalkostnaden. Detsamma gäller i stort för CargoNets priser.

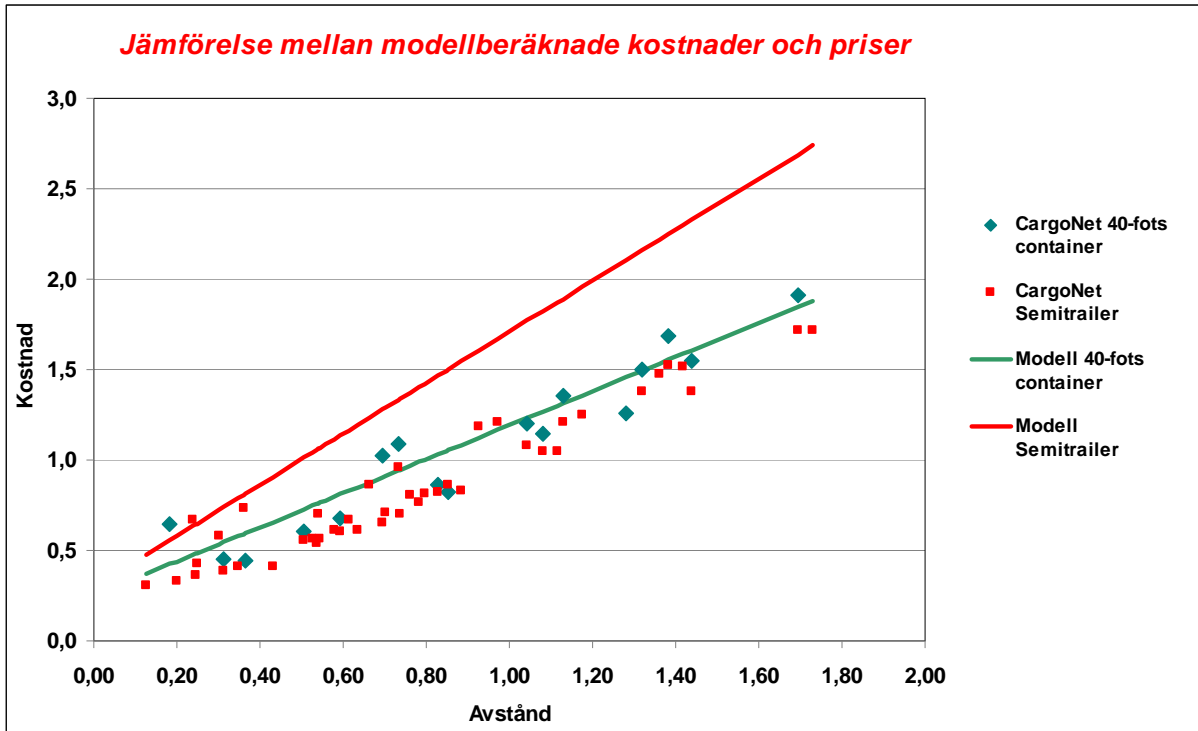
Modellen ger en högre kostnad för trailern än för containern medan CargoNet har ungefär samma pris för container och semitrailer vilket är marknadspriset. Man kan diskutera vad som är rätt men det pekar samtidigt på ett problem; trailers dimensionerar systemet och gör att kostnaderna blir höga men de får inte betala kostnaderna fullt ut för tung lyftutrustning och specialvagnar. Trailers innebär med dagens teknik ett sämre längdutnyttjande av tågen än containers och växelflak. I ett långsiktigt perspektiv ger inte denna affärsmodell incitament till att utveckla effektiva kombilösningar transporttekniskt sett. Å andra sidan så efterfrågar kunderna kombitransporter med trailer, så ur marknadsperspektivet är de kanske effektiva.

Den samlade bedömningen är att modellen kräver en del justering och kompletterande uppgifter för att vara tillförlitlig. Dessa uppgifter är av grundläggande karaktär vilket gör det relativt lätt att ta fram dessa uppgifter. Modellen ger en uppfattning om i vilka aktiviteter som kostnader orsakas och dess storleksordning. Den kan därmed vara ett verktyg i inledande analys och bedömning av olika upplägg av transportkedjor. Det bör hållas i minnet att kostnad och pris är två skilda saker.

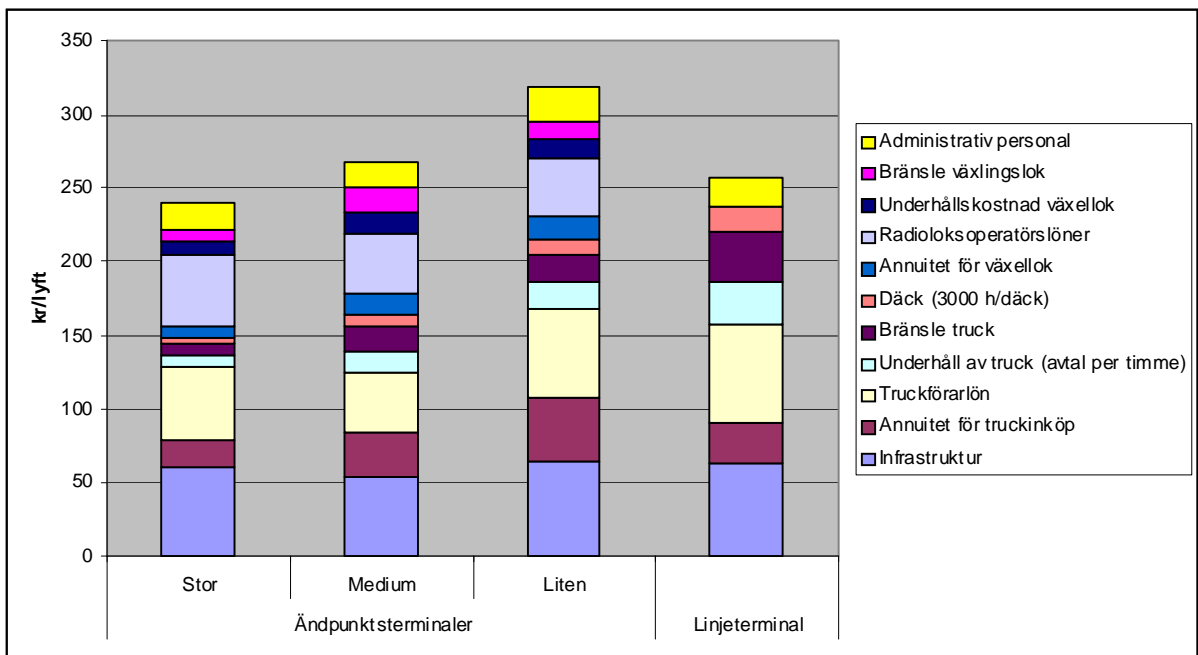
Terminalkostnadsmodellen har fyra fördefinierade terminaler utifrån svenska förhållanden. Tre av dem är traditionella kombiterminaler av olika storlek och den fjärde är en linjeterminal. Terminalkostnadsmodellen har använts till att analysera vad som driver kostnader i terminalen och terminaltypernas effektivitet utifrån ansatta värden. Terminalkostnadsmodellen ger en överblick av de kostnader som förekommer i en traditionell kombiterminal samt kostnadernas storleksordning.

Med ansatta värden så visar sig den stora ändpunktsterminalen vara effektivast. De har dock behov av snabb hantering för att inte hanteringsspåren ska vara låsta en längre tid. De mindre terminalerna har däremot mindre behov av rangering av tågset till och från hanteringsspåren.

Kostnaden för infrastrukturen ligger runt 60 kr per lyft eller 20 – 25 %. Kostnaden för truckhanteringen ligger på 90 – 150 kr eller 37 – 47 % för ändpunktsterminalerna och kostnaden för växling 73 – 86 kr eller 25 – 32 %. Linjeterminalen har ingen växling utan där står truckkostnaden för 68 % av lyftkostnaden. Administrationskostnaderna hamnar runt 20 kr per lyft och står för 7- 8 % av lyftkostnaden.



Figur: Kostnader beräknade med transportkostnadsmodellen vs CargoNets priser



Figur: Kostnad per lyft och terminaltyp; kr/lyft och kostnadspost beräknade med terminalkostnadsmodellen

Fältnätningar av stötar och vibrationer i terminaler och vid transport

Ett stort antal mätningar har genomförts av de påkänningar, i form av stötar och vibrationer, som gods upplever vid intermodala transporter. Mätutrustning som registrerat och lagrat accelerationer har satts in i lastbärarna och rörelserna har samtidigt följts upp m.h.a. GPS. Mätningar har utförts både vid hantering av lastbärarna i terminaler och hamnar samt vid själva transporten på järnväg och landsväg.

Resultaten har dels använts för att jämföra transportmiljön mellan olika transportkedjor, dels för att genom skakbordstester kunna bestämma vilka nivåer på accelerationer som medför risk för godsskador, till följd av att godset skakar sönder eller kommer i rörelse.

Generellt sett kan man från resultaten av dessa mätningar sluta sig till att hantering av lastbärarna ger de största amplituderna på accelerationer, t.ex. vid nedslag mot mark och järnvägsvagnar, men att transporter och interna förflyttningar ger upphov till större impulser då markanta påkänningar tillåts verka under längre tid vid t.ex. kurvtagningar och tvära inbromsningar. Dock visar analysen av mätningarna att påkänningarna vid normal hantering inte är kritiska, men att det finns en teknisk utvecklingspotential i vagnar och hanteringsteknik.

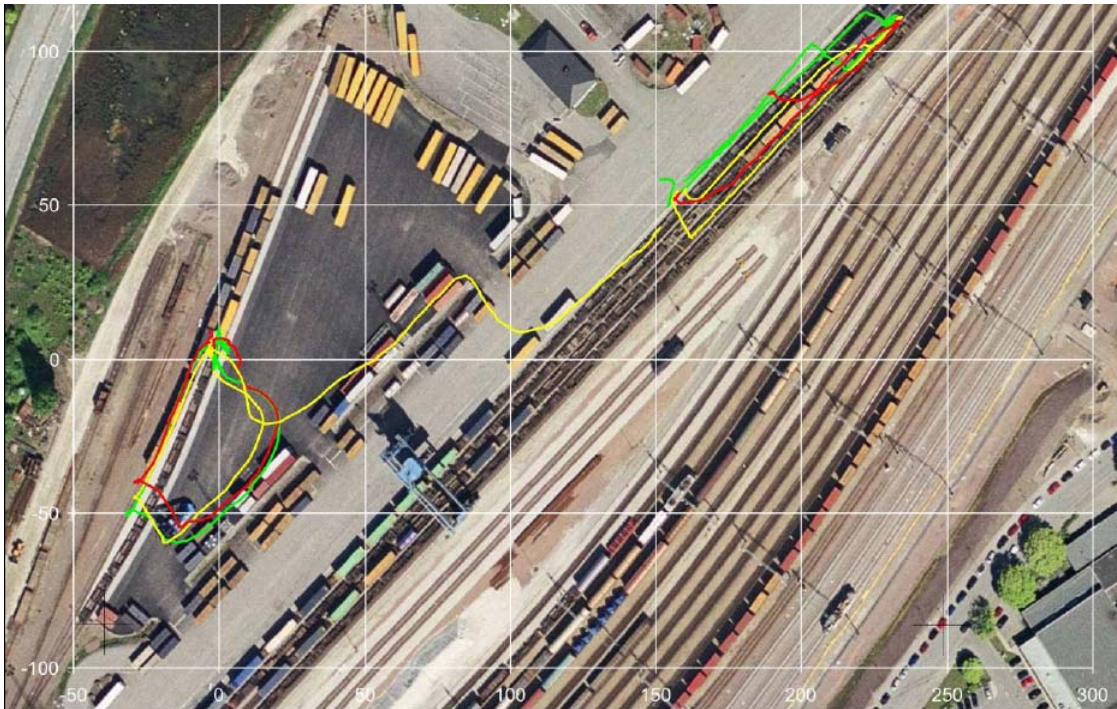
En slutsats är att **hanteringen** av containers och växelflak ger upphov till större impulser än motsvarande hantering av trailers oavsett hanteringsutrustning. Detta beror på att hjulen på trailrarna dämpar stötarna. Hantering med portalkran och hamnkran är i jämförelse med hantering med reach-stacker och containertruck mycket skonsammare mot godset och lastbäraren.

Mätningarna vid **interna förflyttningar** av lastbärare inom terminal och hamnområden visar tydligt inverkan av hjulupphängningen hos de fordon varmed förflyttningen sker. Framför allt för stötar med korta varaktigheter syns tydliga skillnader i amplituder hos de uppmätta accelerationerna. Vidare noterades att de kraftigaste stötarna uppmättes vid transporter in och ut ur fartyg.

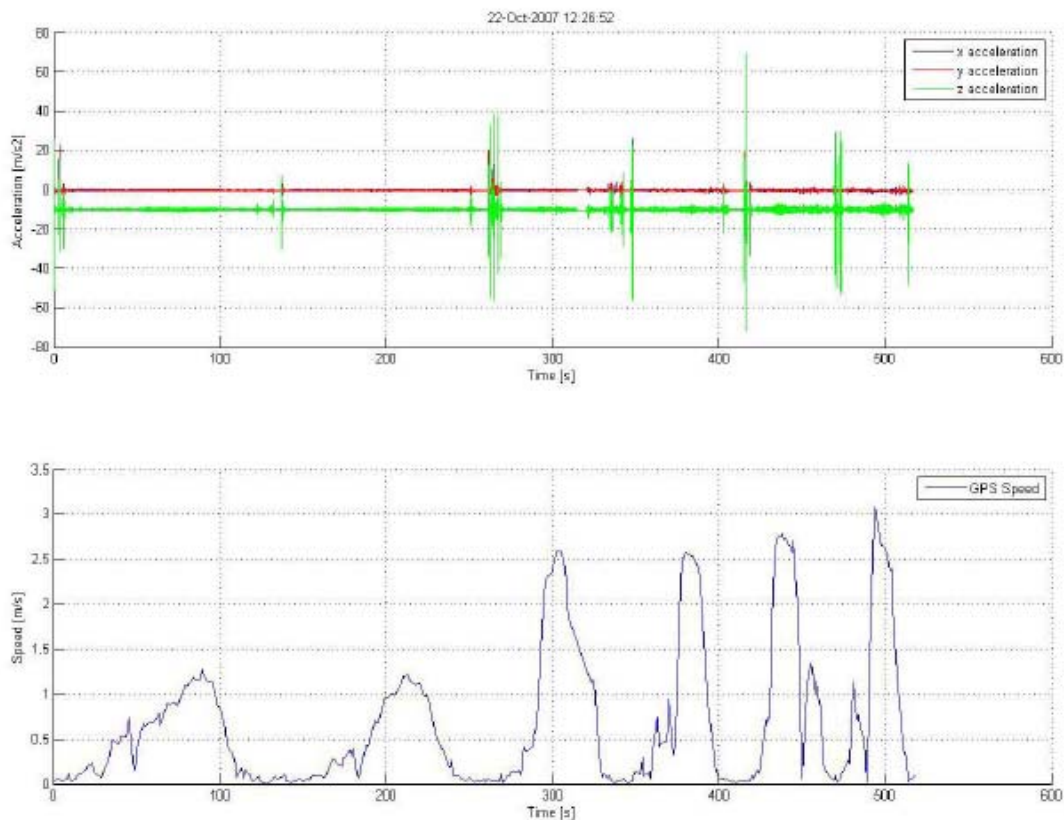
Vid **landsvägs** och **järnvägstransporter** uppträder generellt stötar med lägre amplitud men längre varaktighet än vid hanteringar och interna förflyttningar inom terminalområden, men inga större skillnader i impulsmönster i horisontalplanet har noterats mellan de två transportslagen. Nämnas bör dock att rangeringar av kombitåg förekommer nästan inte och därför inte har registrerats under mätningarna.

Den företeelse som ger upphov till godsvandring, vibrationer i vertikalled, är naturligtvis mycket beroende av underlag, hjultyp, hjulupphängning och hastigheten varmed fordonet framförs. Vid transport på järnväg har de typiska vibrationerna i vertikalled cirka dubbelt så stor amplitud men lägre frekvens än motsvarande vibrationer vid landsvägstransport.

De data som samlats in har kommit till användning vid framtagning av internationella standarder för beskrivning av transportmiljöer och testprocedurer för stötkänsligt gods. Det är sällsynt med publikt tillgänglig data av den här typen för vilken alla omständigheter kring insamlandet finns väl dokumenterade.



Figur: Dokumentation av vibrationsmätningar i kombiterminalen i Malmö; rörelser registrerade med GPS vid hantering av trailers, till vänster med reach-stackers och till höger med portalkran.



Figur: Dokumentation av vibrationsmätningar av hantering av växelflak i Malmö kombiterminal. Mätningar av accelerationer (överst) och rörelser och hastighet (nederst).

Stöt- och vibrationssimulering med skakbord

Som framgår av ovan har en stor mängd data på accelerationer som samlats in i fält under lastbiltransport, järnvägstransport och hantering. Analyserna av dessa data har resulterat i ett antal testfall där stöt- och vibrationsmiljön på ett förenklat men relevant sätt återskapats i laboriemiljö. Genom att montera gods på ett skakbord där testfallen körs har vi kunnat studera hur godset påverkas av stöt- och vibrationsmiljön under en transport som innehåller olika element av transportslag och godshantering. Tester utfördes med glas och porslin från IKEA, pallar med pappersark från StoraEnso Fors samt med pepparkakshus från Annas Pepparkakor.

De direkta resultaten av testerna visar för det första att av de testade godsslagen är det endast ett, pepparkakshuset som skadats. För det andra visar testerna att de stötar och vibrationer godset utsätts för under hantering och transport på järnväg medför förskjutningar av godset relativt lastbäraren. Det är därför viktigt att förankra (surra) lasten så att förskjutningarna undviks eller hålls så små att godsskador undviks, det gäller särskilt vid transport på järnväg. Transport på väg ger enligt testresultaten inte upphov till godsförskjutningar.

Viktiga resultat av studien är den mät- och analysmetodik som tagits fram för ändamålet. Detta innefattar bland annat,

- effektiva metoder att ur långa registreringar lokalisera, extrahera och karaktärisera stötar och vibrationer.
- metoder att bestämma ett relevant testschema som återskapar den uppmätta stöt- och vibrationsmiljön på lastbäraren.
- utveckling av instrumenterade spännband för mätning av dragkrafter.
- metodik för mätning av godsets acceleration samt förskjutning relativt lastbärare och pall under testning på skakbord.

Slutligen har projektet resulterat i en stor mängd väldokumenterade mät- och testdata tillgängliga för vidare forskning.

För framtida forskning återstår en mängd olika fall med hantering och lastbärare som inte testats i detta projekt. Man kan även notera att tonvikten i detta projekt lagts på att mäta godsförskjutningar orsakade av vibrationer och stötar. För vissa typer gods, t ex pepparkakshuset är det sannolikt inte godspallens förskjutning utan den acceleration den enskilda förpackningen utsätts för som är den för uppkomst av skada väsentliga parametern.

Djupanalys av skadestatistik

En analys av godsskadestatistiken från Stora Enso Fors pappersbruk som tillverkar falskartong har genomförts. I det välutvecklade och ständigt uppdaterade systemet hanteras alla skador som uppstår på gods, var de har skett och vilka som är inblandade/ansvariga. Skadefrekvensen ligger visserligen endast ca 0,7 promille av de totala leveranserna per år men representerar ändå stora kostnader.

Resultatet av analysen är begränsad genom att statistiken kommer från ett och samma företag och att för drygt en tredjedel av skadorna är platsen där skadan uppkommit okänd. Med detta i beaktande kan följande slutsatser dras.

Hanteringsskador är framför allt orsakade av ovarsam hantering på terminal. Ungefär hälften av skadorna är hanteringsskador som framför allt sker vid lastning/lossning av gods hos avsändare och vid olika omlastningar som sker under vägen. Transportkedjor med en eller flera omlastningar har en större andel skador än transportkedjor utan omlastningar av godset.

Transportskador är framför allt orsakade av felaktig stuvning och bristfällig lastsäkring. Transportkedjor med enbart landsvägskörning utan några omlastningar har lägst skadefrekvens. Fuktskador är den vanligaste typen av transportskada i ett kombiflöde. Detta gör att skadefrekvensen för kombiflöden blir högre. Fuktskadorna uppkommer ofta när trailers med kapell körs på järnväg och fukten blåser in.

Riskanalys

En användbar metod för att genomföra en riskanalys av godtyckliga transportkedjor har utarbetats. Grunden i metoden bygger på att ta fram underlag för ett antal riskkategorier som påverkar kvaliteten i en transportkedja. I detta arbete har riskkategorierna begränsats till tre; Risk för förseningar, Risk för godsskador och Risk för skador på lastbärare.

För varje länk i transportkedjan har ett antal händelser som påverkar riskkategorierna tagits fram och analyserats genom att generella riktvärden för frekvensen samt konsekvensen av varje händelse utarbetats. Olika faktorer som påverkar frekvensen och konsekvensen är också framtagna för att underlätta vid en bedömning av en aktuell transportkedja. Resultatet blir riskmatriser för de länkar, transportkedjor etc. som studeras och dessa kan sedan ligga till grunden för vidare analyser av svaga länkar i den aktuella transportkedjan.

Resultatet från Fallstudie från Stora-ENSO pekar på att störst risk för förseningar i transportkedjan är att produktionen inte är färdig för leverans eller att det är strejk i Göteborgs hamn. När det gäller godsskador är det högst risk vid omlastningar från en lastbärare till en annan som i detta fall främst sker i ankommande hamnterminal. Högst risk för skador på lastbärare utgör ovarsam hantering hos avsändare eller på någon av hamnterminalerna.

Resultatet från Fallstudien från ICA pekar på att det är högst risk för försening under transporten på järnväg. För godsskador är risken högst vid lastning och lossning hos avsändare respektive mottagare medan det däremot inte bedöms som någon hög risk för skador på lastbärare överhuvudtaget.

Identifierade svaga länkar i detta projekt

De *svaga länkar* som identifierats i detta projekt kan sammanfattas i följande punkter:

- Transporttiden med kombitransport är oftast längre än med lastbilstransport
- Flexibiliteten är mindre t.ex. kan öppettider på terminalerna utgöra en begränsning
- Turtätheten är lägre än vid lastbilstransport vilket också begränsar flexibiliteten
- Deadline för bokning av en kombitransport anses ibland för tidig
- Kostnaden för terminalhantering är hög oavsett hanteringsmetod och kan utgöra en begränsning för att kunden inte väljer en kombitransport, speciellt på kortare avstånd
- Det ryms mindre gods i en container än i en vanlig lastbil eller järnvägsvagn. Ett växelflak har bättre utrymme. Det innebär att priset per m³ ofta blir högre
- Det är svårare att köra returgoods med kombi än med lastbilstrafik
- En kombitransport kräver mer planering än en lastbilstransport
- Spårningssystem för intermodala transporter saknas ofta

Följande har identifierats som *icke svaga länkar* eller *fördelar* med kombitrafik:

- För de som använder kombitransport är kostnaden nästan alltid lägre än för lastbilstransport

- Punktligheten är oftast god för kombitransporter
- Skaderisken vid kombitransport är låg och anses inte utgöra något problem
- Hantering av lastbärare i terminaler ger normalt inte upphov till skador
- Vid laboratorieprov med simulering av påkänningar med skakbord blev det inga godsskador med undantaget pepparkakshus
- Gods som redan är containeriserat såsom gods som kommer med sjöfart och lastas eller lossas i hamnar kan med fördel transporteras i kombitrafik

Följande specifika slutsatser kan dras om *hantering och skaderisk* vid kombitransporter:

- Hantering av containers och växelflak ger upphov till större impulser än hantering av trailers beroende på att hjulen fungerar som stötdämpare
- Hantering med portalkran och hamnkran är skonsammare än hantering med reach-stacker och containetruck
- Hanteringsskador uppkommer framförallt vid ovarsam lastning, lossning eller omlastning av gods
- Transportskador beror framförallt på felaktig stuvning eller britsfällig lastsäkring
- Viss risk för fuktskador finns vid transport av trailers med kapell på järnvägsvagn
- Transport med järnväg innebär större risk för godsförskjutning

Hur kan svaga länkar elimineras och kombitrafiken utvecklas?

De svaga länkar som identifierats i första avsnittet ovan har att göra med kombitrafiken som transportsystem. Kombitrafiken har en begränsad marknad i dag, den svarar för 7 % av de långväga godstransporterna. Det innebär att kombitransporter erbjuds från ett begränsat antal terminaler i begränsat antal relationer med i regel en avgång per vardag. En del av dessa hinder skulle kunna undanröjas om kombitrafiken hade en större marknad. Men för att undanröja dessa hinder krävs en större marknad. Aktörer som är beredda att ta denna risk samt satsa på marknadsföring skulle krävas.

Vissa hinder skulle kunna undanröjas på enklare sätt genom ett mer flexibelt öppethållande av terminaler. På lång sikt skulle helautomatiska terminaler vara en fördel då man skulle bli oberoende av personal.

Att transporttiden är längre med kombitransport än med lastbilstransport beror i första hand på tiden det tar i terminalerna, själva järnvägstransporten är ofta lika snabb eller t.o.m. snabbare än lastbilstransporten. Många företag producerar på dagen och transporterar på natten och tiden i sig är inte något problem men däremot uppstår problem vid förseningar då marginalerna blir mindre. Att försöka korta ner terminaltiden och bygga tillförlitliga system är således önskvärt.

När det gäller kostnaderna kan konstateras att konventionell kombitrafik som hanterar både trailers, containers och växelflak kräver stora terminaler som är dyra i anläggning och drift. Det innebär att man måste ha få stora terminaler och att matartransportavstånden tenderar att bli långa. För att få tågdriften effektiv krävs relativt stora tåg som går direkt mellan två terminaler. Marknaden blir begränsad till ett antal ändpunktsrelationer på relativt långa avstånd.

Ett sätt att vidga marknaden och minska kostnaderna är att ha många små enkla terminaler nära kunderna och ett linjetågssystem i stället för att ha få stora terminaler och ett

ändpunktsystem som i tungkombisystemet. Med linjetrafik som innebär att tåget går längs en linje och stannar på flera ställen under vägen kan en större marknad täckas in. Det kräver enkla terminaler som ligger i sidotågväg så att tåget inte behöver växlas in.

Enligt transportkostnadsmodellen är det dyrare att köra trailers i kombitrafik än containers. Detta beror till viss del på vilken materiel som förutsätts. CargoNet tar dock lika mycket betalt för en transport av en trailer som en container. Detta är ett marknadspris men det pekar samtidigt på ett problem; trailers dimensionerar systemet och gör att kostnaderna blir höga men de får inte betala sina egentliga kostnader. I ett långsiktigt perspektiv ger det inte de rätta incitamenten till att utveckla transporttekniskt effektiva kombilösningar.

Anledningen till att trailers blir dyrare i kombitrafik är att de kräver speciella vagnar med fickor för hjulen och att de kräver mycket tung lyftutrustning för att hanteras i terminalerna. Det sistnämnda problemet delas med tunga 40-fotscontainers som också kräver dyr hanteringsutrustning. Det är därför angeläget att utveckla mindre kostnadskrävande kombilösningar för transport av trailers.

Hur kan hanteringen i terminalerna förbättras?

I detta projekt har omfattande mätningar och analyser genomförts av påkänningar vid terminalhantering och transport. Dessa visar att påkänningarna vid normal hantering och transport inte är kritiska. De är visserligen något större vid järnvägstransport än vid lastbilstransport men det utgör inget stort problem. Det finns dock en teknisk utvecklingspotential i vagnar och hanteringsteknik.

Vid en närmare analys visar det sig att trailers är skonsammare mot godset eftersom hjulen dämpar mot stötar i terminalhanteringen. Portal- och hamnkranar innebär skonsammare hantering än truckar och reachstackers.

För effektivare och skonsammare hantering av tunga containers och växelflak är utveckling av någon form av horisontell överföring angelägen. Fördelen med horisontell överföring är att den kan ske under strömförande kontaktledning och möjliggör linjetrafik där tåget stannar vid en terminal undervägen utan att växlas. Terminalerna kan också göras kompakta och därmed relativt billiga och det är också möjligt att införa helautomatiska terminaler med horisontell överföring. Horisontell överföring minskar också risken för skador då lastbärarna inte behöver lyftas utan skjuts i sidled.

Trailers är skonsammare för godset än containers och växelflak. Ett problem är dock att 95 % av den europeiska trailerflottan saknar lyftutrustning. Om trailarna kan rullas på vagnarna skulle alla trailrar kunna användas i kombitrafik. Detta kan ske om vagnarna är försedda med ramper så att trailern kan köras på med dragbilen eller en tugmaster.

En lösning på detta problem är Kockums Megasvingvagn som har en utfällbar ramp som trailern kan köra på. Denna vagn kräver ingen särskild terminalutrustning och kan således stanna varsomhelst. En annan lösning är lågbyggda vagnar där trailers kan köras på från ramper i ändarna. Dessa är dock inte självklart bättre då tåget måste lastas sekventiellt och vagnarna ofta har mindre hjul vilket ökar underhållskostnaderna markant.

Det är angeläget att lasten surras ordentligt vid järnvägstransport så att den inte börjar röra på sig som följd av vibrationerna. Utveckling av lastbärare med golv som har hög friktion eller som är lätta att förankra lasten i kan vara en lämplig åtgärd.

För att undvika rangerings- och växlingsskador bör vagnarna förses med långslagiga buffertfjädrar.

För att undvika risk för skador på trailers bör trailers med kapell inte användas. Det ger också möjligheter att öka hastigheten på kombitågen.

Kombitrafikens styrkor

Kombitrafiken har svaga länkar men också styrkor. Kombitrafik innebär att man försöker kombinera det bästa av de olika transportmedlen. Järnvägen är det mest energisnåla och klimatvänliga transportmedlet och är också ekonomiskt på längre avstånd och vid större volymer. Lastbilen är det mest flexibla transportmedlet med små enheter och mycket hög tillgänglighet eftersom den når ut överallt och kan ofta erbjuda ett lågt pris. Sjöfarten är energieffektiv och har lägst kostnad per transporterad enhet men kräver ännu större volymer än järnväg samt är inte tillgänglig överallt.

Ekonomi är avgörande för kundernas val av transportmedel men klimatkrisen medför att allt större vikt måste läggas på energiförbrukning och utsläpp. För att lösa klimatproblemet måste både varje transportmedel för sig förbättras och en övergång ske till transportmedel med lägre utsläpp. Kombitrafiken är en del av lösningen. Kombitransporter är ett alternativ som ofta ligger nära till hands eftersom nästan alla kunder redan använder lastbilen och industrispår inte alltid finns i start- eller målpunkten.

Kombitrafiken fungerar i dag bra för företag som har stora volymer som transporteras på långa avstånd. Dessutom fungerar den bra i kombination med sjöfart där godset redan är containeriserat. Då är det en fördel att direkt kunna lasta på järnvägsvagn och köra godset vidare till en inlandsterminal för distribution med lastbil. Ett exempel är trafiken till Göteborgs hamn som utvecklats mycket snabbt de senaste åren.

Kostnaden för de som använder kombitrafik är nästan alltid lägre än med direkt lastbilstrafik. Transporttiden är tillräckligt kort för att leverera till kund i tid, i alla fall när godset inte ska via en lastbilsterminal. Kombitrafiken upplevs som punktlig av kunderna och skadefrekvensen är också mycket låg.

Efterfrågan på kombitrafik har ökat de senaste åren. Den traditionella inrikes kombitrafiken har kompletterats med en omfattande hamnkombitrafik. Även den internationella kombitrafiken börjar utvecklas som en följd av avregleringen av godstransporterna på järnväg. Det finns således en utvecklingskraft både från kunder och från operatörer.

En utveckling av kombitrafiken kan bidra till att uppfylla de transportpolitiska målen. Det övergripande målet för svensk transportpolitik är att säkerställa en samhällsekonomiskt effektiv och långsiktigt hållbar transportförsörjning för medborgare och näringsliv i hela landet. De transportpolitiska målen bryts ned i tillgänglighet, klimat, trafiksäkerhet och folkhälsa.

Lastbilstrafiken har ökat snabbt och orsakar stora utsläpp som påverkar klimatet negativt. En ökad kombitrafik innebär att järnväg kan användas i stället för lastbil i större utsträckning och bidrar därmed till en minskad belastning på miljön och till att klimatmålen kan uppnås. Samtidigt ökar trafiksäkerheten med färre lastbilar på vägarna och det är också positivt för folkhälsan.

En utveckling av kombitrafiken kan också bidra till att effektivisera näringslivets transporter och därmed bidra till tillväxt på ett långsiktigt hållbart sätt.

Slutsatser av genomförd forskning och metoder i detta projekt

De slutsatser som kan dras av arbete och metoder i detta projekt framgår av följande:

- Relativt omfattande intervjuer med transportköpare som en del av kartläggningen av transportkedjor – fallstudier – har genomförts i detta projekt. Undersökningsmetoden är relativt vanlig och används också i många andra SiR-C-projekt. Vi har huvudsakligen intervjuat kunder som använder kombitrafik. I ett framtida projekt vore det intressant att intervjua och kartlägga kunder som inte använder kombitrafik.
- Transportkostnadsmodeller och terminalkostnadsmodeller har utvecklats i detta projekt. De ger en bra överblick över kostnadsstrukturen men kan behöva kompletteras och valideras. Samverkan bör ske med andra SiR-C-projekt t.ex. MINT. Detta kan vara ett lämpligt ämne för en workshop inom SiR-C.
- Analyser av skadestatistik har genomförts vid ett företag och en modell för riskanalys har tagits fram. Transportskador upplevs inte som något stort problem vilket gör att få företag har en sådan statistik. Sammantaget utgör dock transportskadorna en onödig kostnad och utgör en kvalitetsbrist och borde kunna minimeras med bättre kunskap. Riskanalysen är ett verktyg som kan användas för att förutse svaga länkar i transportkedjor.
- Det största kvantitativt vetenskapliga bidraget i detta projekt utgör helt klart mätningarna av påkänningarna på godset vid hantering i terminaler och transport samt de påföljande simuleringarna med skakbord och analyser av data. Detta har lett fram till effektiva mät- och analysmetoder samt en stor mängd mätdata som är tillgänglig för vidare forskning.

Följande slutsatser kan också dras som delvis stöds av detta projekt men som redan tidigare identifierats i projektet ”Effektiva tågssystem”.

- Utveckling av nuvarande kombisystem mot större flexibilitet och säkerhet. Flexibelt öppethållande av terminaler, senare bokningstid för kombitransporter, bättre informationssystem för att följa upp kombitransporterna.
- Utveckling av nya kombitrafiksystem. Linjetrafik där tågen stannar och lastar och lossar på ett sidospår undervägen som komplement till ändpunktstrafik. KTH bedriver ett särskilt SiR-C-projekt som undersöker potentialen för ett sådant system. Det kan behövas någon form av stimulans för att få igång ett sådant nytt transportsystem t.ex. en samverkansbonus under en uppbyggnadsperiod.
- Utveckling av terminalhanteringsmetoder. Horisontell överföring som möjliggör automatisk lastning och lossning under kontaktledning. Lösningar som möjliggör att trailers rullas på vagnarna i stället för att lyftas. Här krävs både ytterligare forskning, produktutveckling och demonstrationsprojekt.

Slutligen bör framhållas att samarbetet mellan forskare från olika miljöer i detta projekt har varit givande. Projektet har både haft en stor bredd och ett djup inom vissa områden där det inte bedrivits så mycket forskning tidigare. Vi har fått svar på vad som är kombitrafikens starka och svaga länkar men det går inte att hitta en åtgärd som kan lösa kombitrafikens problem. Det finns åtgärder för att trimma systemet på kort sikt och vidga dess marknad.

Ser man på kombitrafiken ur ett systemperspektiv så kan man också se möjligheter på längre sikt att utveckla helt nya kombitrafiksystem med hjälp av ny teknik. För att åstadkomma detta krävs ganska stora utvecklingsinsatser och också någon som är beredd att ta en affärsrisk för att testa och införa nya system. Här krävs bättre samarbete mellan forskare, näringsliv och samhälle för att forskarnas teorier ska kunna utvecklas till verkliga system.

Utvärdering av intermodala transportkedjor

Är ett samarbetsprojekt mellan KTH Järnvägsgrupp vid avdelningen för trafik och logistik, MWL-laboratoriet på KTH, Mariterm och TfK (Transportforsk). Projektet är finansierat av SiR-C, Swedish Intermodal Research Center som stöds av vägverket och Banverket, numera Trafikverket.

Detta är en sammanfattning av projektet men det finns också ett antal rapporter som kan laddas ned från SiR-C hemsida www.sir-c.se

Huvudrapport:

- Utvärdering av intermodala transportkedjor, 98 sidor, Bo-Lennart Nelldal och Robert Sommar (red) 2010-06-01

Underlagsrapporter:

- Utvärdering av intermodala transportkedjor – Kartläggning av transportkedjor, 85 sidor, Robert Sommar (red) 2010-04-13
- Utvärdering av intermodala transportkedjor – Kostnadsmodeller, 36 sidor, Robert Sommar 2010-04-12
- Utvärdering av intermodala transportkedjor – Mätningar av accelerationer vid hantering och transport av lastbärare, 252 sidor, Mariterm 2009-06-18
- Utvärdering av intermodala transportkedjor – Analys av mätdata, skaktester, 62 sidor, Marcus Wallenberg laboratoriet för Ljud och vibrationsforskning, KTH, 2010-04-27
- Utvärdering av intermodala transportkedjor – Djupanalys av Skadestatistik från Stora-Enso-Fors, Nils Anderson, Mariterm, 44 sidor, 2009-06-10
- Utvärdering av intermodala transportkedjor – Riskanalys, 217 sidor, Nils Andersson, Sven Sökjer-Petersen, Mariterm, 2009-06-09

The following papers are also available in English:

- Evaluation of intermodal transport chains, Bo-Lennart Nelldal, paper at 7th European Congress on ITS, Geneva, 2008
- Evaluation of intermodal transport chains, Bo-Lennart Nelldal, Robert Sommar, Gerhard Troche paper at Congress on ITS, New York, 2008
- Measures to make intermodal transport smarter from a transport chain perspective, Robert Sommar paper at World Congress for ITS Stockholm., 2009