

## Hållbar och energieffektiv regionallogistik i Mälardalen



**Kristian Karlernäs  
Behzad Kordnejad  
Peter Bark**



## Förord

Föreliggande rapport utgör en redovisning av förstudien *Hållbar och energieffektiv regionallogistik i Mälardalen*. Studien har genomförts av TFK – TransportForsk (TFK), i samarbete med KTH Järnvägsgrupp, vid institutionen för transportvetenskap, samt företrädare för varuägare, hamnar, rederier samt intermodala terminaloperatörer, med verksamhet i Mälardalen.

Energimyndigheten har varit huvudfinansiär av förstudien. Olika intressenter vilka representeras av varuägare, hamnar, rederier samt intermodala terminaloperatörer har dessutom aktivt medverkat i förstudien och genom egna arbetsinsatser bidragit till dess finansiering. Förstudiens intressenter har genom en referensgrupp löpande tagit del av studiens resultat samt även haft möjlighet att påverka studiens inriktning.

Huvudförfattare till denna rapport och huvudansvariga forskare har varit tekn. kand. och sjökaptén Kristian Karlernäs, TFK (projektledare) och tekn. dr. Behzad Kordnejad Kungliga Tekniska Högskolan (KTH). Vidare har tekn. dr. Peter Bark medverkat som delförfattare till rapporten. I ett inledande skede medverkade fil. mag. och tekn. mag. Maria Mustonen, tidigare TFK, i studien. TFK har i studien haft ett huvudansvar för kartläggningar avseende sjötransporter medan KTH har kartlagt järnvägstransporter samt svarat för analyser avseende energiförbrukning och miljöpåverkan.

Rapporten har granskats av professor Bo-Lennart Nelldal tillsammans med de övriga ledamöterna i referensgruppen.

I referensgruppen har följande personer, företag och organisationer medverkat:

Carola Alzén	Mälarhamnar
Thord Andersson	Handelskammaren i Mälardalen
Patrick Backman	ICA
Peter Bark	TFK
Ulf Bäckman	Oxelösunds Hamn
Michael Cedborger	m4 gruppen
Erik Froste	Södertälje Hamn
Sandra Gegerfelt	Stockholms Hamnar
Eric Hjalmarsson	Thor Shipping
Kjell Håkansson	Coop Logistik
Kristian Karlernäs	TFK
Behzad Kordnejad	KTH
Bo-Lennart Nelldal	KTH

TFK vill med detta rikta ett stort tack till förstudiens finansiärer, övriga intressenter samt personal hos intressenterna vilka direkt medverkat i förstudien, eller bidragit med viktig information, och på andra sätt medverkat till studiens genomförande.

Stockholm i december 2016

Peter Bark (VD)



# Innehåll

Sammanfattning .....	1
Summary .....	2
1 Inledning .....	3
1.1 Bakgrund.....	3
1.2 Problem.....	3
1.3 Syfte och avgränsningar .....	4
1.4 Metod och genomförande .....	4
1.5 Definitioner.....	9
2 Mälardalens geografi och godsflöden .....	11
2.1 Kartläggning och differentiering av regionala godsflöden .....	11
2.2 Bulk- och bränsletransporter i Mälaren .....	42
2.3 Hamnar, kajer, vattenleder och terminaler .....	44
2.4 Kartläggning av transportsystem och terminaler för kombitransporter.....	53
2.5 Lastbärarhantering i hamnar och vid andra tilläggsplatser .....	59
3 Potential för inlandsvattensjöfart .....	60
3.1 Regler för inlandsvattensjöfart i Sverige .....	60
3.2 Klassificering och zonindelning .....	61
4 Potential för regionala järnvägstransporter .....	63
4.1 Hantering av lastbärare i kombiterminaler .....	63
4.2 Terminallägen för små kombiterminaler .....	68
5 Scenarion.....	71
5.1 Förutsättningar för scenarion.....	71
5.2 Ansatser – aktuella upplägg.....	73
5.3 Ekonomiska effekter.....	90
5.4 Jämförelser av scenarion – reflektioner .....	93
6 Analys och slutsatser.....	94
6.1 Resultat .....	94
6.2 Diskussion.....	97
6.3 Slutsatser.....	100
6.4 Förslag till fortsatta studier .....	101
Referenser .....	103
Bilageförteckning.....	109
Figurförteckning .....	121
Tabellista.....	125



## Sammanfattning

Mälardalen har en stark befolkningstillväxt där Stockholm är den snabbast växande regionen i östersjöområdet. Detta medfört ökade godsflöden inom samt till och från Mälardalen vilket medfört belastningar på infrastrukturen. Till detta bidrar att godstransporter inom samt till/från Mälardalen främst utförs med lastbilar vilket har negativ inverkan på framkomlighet och miljö i främst Stockholmsområdet. För att öka transporterens långsiktiga hållbarhet är en användning av transportmedel med högre energieffektivitet och miljöprestanda än vad direkta vägtransporter erbjuder önskvärd.

Förstudiens huvudsyfte var att kartlägga möjligheter till överflyttning av regionala godsflöden i Mälardalen från vägtransporter till sjöfart eller järnväg för att öka energieffektiviteten. Ett syfte var vidare att bedöma vilka energieffektiviseringar och utsläppsminskningar som var möjliga. Förstudien avgränsades till regionala system för enhetslastat gods som transporteras med järnväg och/eller inlandsvattensjöfart. I detta har ingått att undersöka förutsättningarna för att använda intermodala transporter på järnväg samt inlandsvattenfartyg av de typer som används i Centraleuropa.

Förstudien visade att ett regionalt intermodalt järnvägsbaserat system för transporter av enhetslastat gods kan erbjuda stora energibesparingar och minskade utsläpp av koldioxid. Vid transporter mellan en ny storhamn i Stockholmsområdet (Norvik) och Västerås samt Örebro indikerades att energiförbrukningen kunde minskas med nästan 80 % om en intermodal lösning valdes istället för en direkt vägtransport. Dessutom kunde koldioxidutsläppen minskas med över 80 %. För ett sjöfartsalternativ varierade minskningen i energiförbrukning och koldioxidutsläpp, jämfört med en vägtransport, i intervallet 15 % - 60 %, beroende på med vilken hastighet fartyget framfördes.

Jämförelser indikerade att kostnadsnivån, i en viss transportrelation inom regionen, var likartad för enhetslastat gods oavsett om det utfördes som en direkt vägtransport, med ett inlandsvattenfartyg eller som en intermodal järnvägstransport. Jämförelsen utgjorde endast en indikation eftersom osäkerhet råder om kostnadsbilden för drift och bemanning av inlandsvattenfartyg i Sverige. En sjöfartslösning förutsätter dessutom stora godsflöden samtidigt som kunderna måste acceptera en lägre avgångsfrekvens.

En slutsats är att det, i Mälardalen, är möjligt att skapa sjöfarts- eller järnvägsbaserade transportlösningar som utgör ett energieffektivt alternativ till direkta vägtransporter av enhetslastat gods, såsom containrar. Ett intermodalt järnvägssystem, i en sträckning från den nya hamnen Norvik i Stockholmsområdet till Örebro, med uppehåll vid mellanliggande terminaler samt trafik norr och söder om Mälaren bedöms ha fördelar. Ett inlandsvattenbaserat transportsystem för enhetslastat gods kan utgöra ett alternativ till järnvägstransporter i den del av det systemet som sträcker sig norr om Mälaren.

I förstudien förutsattes att inlandsvattenfartyg enligt Centraleuropeiskt utförande kan trafikera Stockholms skärgård, mellan en ny hamn i Norvik och Stockholm. Detta kräver dock ytterligare analys om och under vilka förutsättningar inlandsvattenfartyg kan tillåtas trafikera skärgården och om detta kan underlättas med anpassade farleder. De definierade svenska inlandsvattenområdena är dessutom begränsade varför det är av intresse att vidga ansatsen till Östersjöns skärgårdar och kustområden. Därför bör möjligheterna att vidareutveckla inlandsvattenfartygen för detta ändamål kartläggas.

Möjligheterna att genom etablering av små energi- och kostnadseffektiva terminaler, med ny omlastningsteknik, öka de regionala intermodala järnvägstransportsystems energieffektivitet samtidigt som utsläppen från dessa minskas, bör vidare kartläggas.

## Summary

The Lake Mälaren Valley region has a strong population growth where Stockholm is the fastest growing region in the Baltic Sea region. This resulted in increased freight flows within and to and from Lake Mälaren Valley which has resulted in pressures on infrastructure. This contributes to freight transport within and to and from the Lake Mälaren Valley mainly performed with trucks which have a negative impact on mobility and the environment, mainly in the Stockholm area. In order to improve the long-term sustainability is a use of means of transport with higher energy efficiency and environmental performance than direct road transport offers desirable.

The main purpose was to identify opportunities to transfer regional flows of unit loads in the Lake Mälaren Valley from road transport to shipping or railway to increase energy efficiency. An objective was also to assess the possibilities of increased energy efficiency improvements and emissions reductions. The study was confined to the regional system for unit loaded goods transported by rail or by inland waterways. In this study was included examination of the conditions for using intermodal transport by rail as well as inland waterway vessels of the types used in Central Europe.

The study showed that regional intermodal railway systems for transport of cargo unit loads can offer significant energy savings and reduced emissions of carbon dioxide. At transports between a new port in the Stockholm area and Västerås and Örebro were indicated that energy consumption could be reduced by almost 80 % if an intermodal solution was chosen instead of a direct road transport. In addition, carbon dioxide emissions could be reduced by over 80 %. For waterway options varied the reduction in energy consumption and carbon dioxide emissions, compared with road transport, in the range of 15 - 60 % depending on the speed at which the vessel was performed.

Comparisons indicated that the level of costs, in a given transport relation within the region, was similar for unit loaded goods whether it was conducted as a direct road transport, with an inland waterway vessel or as an intermodal rail transport. The comparison was an indication because uncertainty about the cost structure of operation and manning of inland waterway vessels in Sweden. A shipping solution also requires major freight flows while customers must accept a lower departure frequency.

One conclusion is that, in the Lake Mälaren Valley, it is possible to create maritime or railway based transport solutions that are an energy efficient alternative to direct transport of unit loads, such as containers. An intermodal rail system, stretching from the new port of Norvik in the Stockholm area to Örebro, with stops at intermediate terminals and traffic north and south of the lake is estimated to have advantages. An inland waterway based transport system for unit loads can constitute an alternative to rail transports in the part of the system that stretches north of the Lake Mälaren.

In the pre study it was supposed that an inland waterway vessel according to the Central European executions can operate in the Stockholm Archipelago, between the port of Norvik and Stockholm. However, this requires further analysis if and under what conditions inland waterway vessels can be allowed to operate in the archipelago, and if this can be made easier with renewed shipping lanes. The defined Swedish inland waterway areas are also limited, why it is of interest to broaden the approach to the Baltic Sea archipelago and coastal areas. Therefore, possibilities to further develop inland waterway vessels are identified for this purpose.

The possibility that by establishing small energy- and cost-efficient terminals, with new transshipment technologies, increase regional intermodal rail transport systems energy efficiency while reducing emissions from these should also be identified.



# 1 Inledning

## 1.1 Bakgrund

Mälardalen har en stark befolkningstillväxt där Stockholm är den snabbast växande regionen i Östersjöområdet. Denna utveckling har inneburit en kraftig ökning av godsflödena inom samt till och från Mälardalen samt medfört en stor belastning på infrastrukturen. Till detta bidrar att godstransporter inom Mälardalen uteslutande sker med lastbilar och att även en stor andel av transporter till och från Mälardalen sker med lastbilar. Detta har en negativ inverkan på framkomligheten, främst på vägnätet i Stockholmsområdet, och medför påfrestningar på transportsystemet vilket varken är dimensionerat för dagens eller för framtidens befolkningsmängd och transportbehov.

För att öka den långsiktiga hållbarheten i transportsystemet är det önskvärt med en ökad användning av transportmedel som uppvisar högre energieffektivitet och bättre miljöprestanda än vägtransporter. En större användning av intermodala transporter, rena järnvägstransporter samt sjöfart är därför av intresse. Andelen godstransporter på järnväg till/från Stockholmsregionen har dock minskat samtidigt som godsmängderna vuxit. Intermodala transporter och järnvägstransporters konkurrenskraft gentemot lastbilslösningar är svag, och dessa lösningar används inte för kortväga transporter. Detta gäller även kustsjöfart och sjöfart på inre vattenvägar. Även om utrikeshandeln till en stor del går med sjöfart, som enhetslastat gods i containrar, saknas det tradition och praktiska upplägg för inrikes och kortväga sjötransporter av enhetslastat gods.

## 1.2 Problem

Med en fortsatt hög befolkningstillväxt och ett ökat godsflöde kommer transporter att öka i framtiden och ytterligare belasta regionens hårt ansträngda vägnät som inte kan byggas ut i takt med ett ökade transportbehov. Det bedöms dessutom vara svårt att bygga ut övrig, främst spårbaserad, infrastruktur i takt med befolkningstillväxten. Miljöprestanda för vägtransporter är dessutom sämre än för järnvägstransporter och sjöfart främst avseende energieffektivitet och utsläpp av växthusgaser. Detta innebär att dagens transportlösningar inte är hållbara ur miljösynpunkt och inte heller klarar målsättningen om en ökad energieffektivitet samt minskade utsläpp av koldioxid. Med en ökad användning av sjöfart och järnväg skulle en förbättrad energieffektivitet kunna uppnås samtidigt som utsläppen kan minskas. Att försöka möta de framtida behoven av ökad transportkapacitet med en utbyggnad av i första hand vägsystemets infrastruktur ligger inte i linje med de framtida miljöambitionerna och skulle också vara ekonomiskt svårt att genomföra. Detta gäller även för en parallell utbyggnad av samtliga transportslags infrastruktur, inkluderat järnvägs- och sjötransporter. En ökad användning av järnvägs- och sjötransporter förmodas kunna öka energieffektiviteten i transportsystemet som helhet och minska utsläppen av bland annat koldioxid.

Traditionellt har sjöfart och järnvägstransporter utnyttjats främst på stora avstånd men förutsättningar finns att även på kortare avstånd använda järnväg och sjöfart, såsom kustsjöfart och trafik på inre vattenvägar. En hållbar regionallogistik i Mälardalen kan skapas med ett transportsystem som samutnyttjar sjöfart, järnväg och vägtransporter på ett optimalt sätt och där överflyttningarna mellan de olika transportslagen sker tids- och kostnadseffektivt. En ökad sjöfart på de inre vattenvägarna är intressant eftersom denna kan inledas med en kort tidshorisont och snabbt kan öka transportsystemets kapacitet, jämfört med de tidsaspekter som gäller vid utbyggnad av landinfrastruktur.

## 1.3 Syfte och avgränsningar

Förstudiens syfte var att kartlägga möjligheter till att flytta över regionala godsflöden i Mälardalen, från vägtransporter till sjöfart respektive järnvägstransporter för att öka energieffektiviteten. Ett övergripande syfte har även varit att kartlägga möjligheterna att skapa ett regionalt logistiksystem som baseras på transporter med inlandsvattenfartyg och kortväga järnvägstransporter samt att identifiera möjligheterna att integrera regionens import- och exportflöden i detta logistiksystem. Syftet var även att beräkna potentialen för en energieffektivisering och för minskade utsläpp i ett sådant system.

Studien har avgränsats till regionala logistiksystem för enhetslastat gods som kan förflyttas i multimodala transportsystem med inlandsvattensjöfart och/eller regionala järnvägstransporter. Detta innebär att förutsättningar för inlandssjöfart för bulkgoods i form av flytande bränslen, samt projektbaserade system för bygglogistik, exempelvis berg- och schaktmassor, inte har tagits upp. De senare nämnda godsslagen kommer därför att endast kort beröras i avsnittet om godsflöden. Förstudien avgränsades vidare till att varken omfatta konkreta affärsmodeller eller detaljstudier av scenarion.

## 1.4 Metod och genomförande

### 1.4.1 Ansats

Förutsättningarna för ett regionalt logistiksystem kartlades genom analyser av hur import- och exportflöden kan integreras med bland annat ett regionalt transportsystem där kostnadseffektiva inlandsvattenfartyg, kajer och terminaler samt kostnadseffektiv hanteringsutrustning förutsattes kunna användas. Vidare analyserades möjligheterna att etablera ett system för regionala järnvägstransporter. I studien har import- och exportflöden till och från regionens hamnar kartlagts. Även de potentiella flöden, som anländer till regionen med lastbil eller järnväg, har undersökts. Detta avslutades med ansatser till transportupplägg i vilka potentiella flöden som skulle kunna läggas om på fartyg eller järnväg identifierades. Godsflöden till och från Mälardalen går i stor omfattning via större hamnar, såsom Stockholms Hamnar, med verksamhet i Stockholm, Kapellskär och Nynäshamn, Södertälje Hamn samt Mälardalen Hamnar med verksamhet i Västerås och Köping. Söder om regionen finns Oxelösunds Hamn och i norr Gävle Hamn. Vidare bygger Stockholms Hamnar en ny storhamn för containrar och ro-ro gods i Norvik i Nynäshamn. Mälardalen har främst stora importflöden av gods, samtidigt som exportflöden är av mindre omfattning. Detta medför obalanserade flöden där Stockholms och Södertälje Hamnar främst har importflöden medan Mälardalen Hamnar, Oxelösunds Hamn och Gävle Hamn däremot mest har exportflöden.

Vidare undersöktes möjligheterna att för inlandsvattensjöfart använda och anpassa befintliga hamnar och kajlägen samt även förutsättningar att anlägga potentiellt nya hamnar och kajlägen i anslutning till existerande järnvägar. Detta innebar att de existerande kombiterminalerna och terminalsystemen kartlades. I Mälardalen finns öppna kombiterminaler för omlastning mellan väg och järnväg i Årsta, Södertälje, Västerås, Örebro, Hallsberg och Eskilstuna samt Kombi Stockholm Nord i Rosersberg. Dessutom finns en enskild kombiterminal i Bro norr om Stockholm.

I studien har hinder som utgör barriärer mot att inlandsvattensjöfart ska kunna fungera som ett alternativ identifierats. Exempel på direkta hinder är fartygskonstruktion, hamninfrastruktur, isläggning och geografiska hinder. Indirekta hinder uppstår genom myndigheters åtgärder, pris- och konkurrensförutsättningar samt bemanningsfrågor. Det har även kartlagts hur dessa hinder på olika sätt kan elimineras eller överbryggas.

## 1.4.2 Metodbeskrivning

Förstudien har haft en explorativ ansats som innefattat informationsinsamling från tidigare studier inom samma och angränsande områden samt förnyade studier i form av kartläggningar samt insamling av underlag genom intervjuer med problemägare.

Studiens scenarion baseras på ett referensalternativ vilket beskriver nuläget och hur transporter ser ut idag samt hur de är utformade om inlandsvattensjöfart och regionala järnvägstransporter inte utnyttjas. I en ansats jämförs referensalternativet med ett scenario där inlandsvattensjöfart och regionala järnvägstransporter används. Utifrån ansatsen och referensalternativet sker slutligen miljö- och energiberäkningar.

## 1.4.3 Intervjuer

En viktig källa till information i studien har varit intervjuer, både i form av fysiska möten och i form av telefonintervjuer. Intervjuobjekten har hämtats från referensgruppen. Vidare har nyckelpersoner med kunskap inom de områden studien berör intervjuats. Målet har varit att skapa en så heltäckande bild som möjligt inom studiens ämnesområden. Intervjuobjekten har representerat det breda spektrum som studien innefattar och frågorna har därför skiftat mellan intervjuerna. Vid intervjuer med personer från samma typ av verksamhet har dock samma frågor ställts.

Studiebesök kombinerat med intervjuer har även genomförts i Rotterdam samt vid Mälardalensregionens hamnar, för att studera inlandsjöfart, och förutsättningar för denna, samt i Schweiz och Japan för studier av system för kortväga intermodala transporter.

## 1.4.4 Workshop

En workshop genomfördes i april (2016). Målet med workshopen var att få en möjlighet att presentera de resultat som framkommit, säkerställa resultatens kvalitet samt att diskutera studiens kommande ansats. Deltagare framgår av bilaga 1.

## 1.4.5 Miljö- och energiberäkningar

Miljö- och energiberäkningarna i denna studie bygger för järnvägstransporter samt intermodal omlastning på tidigare arbeten vid Kungliga Tekniska Högskolan (KTH) (Kordnejad, 2014; Kordnejad, 2016). Energiförbrukningen kan omvandlas till utsläpp av växthusgaser baserat på drivmedel, energikälla och motsvarande emissionsfaktor. Koldioxid ( $CO_2$ ) är den dominerande växthusgasen som avges från motorfordon och är direkt relaterad till den mängd bränsle som förbrukas. Fordonet avger även andra växthusgaser såsom metan ( $CH_4$ ), dikväveoxid ( $N_2O$ ) och hydrofluorkolväten (HFC).

I denna studie har en aktivitetsbaserad metod för beräkning av  $CO_2$ -utsläpp använts, där dess tillämpning uttrycks enligt formel (1).

$$E(CO_2) = EC \times EF(CO_2) \quad (1)$$

$E(CO_2)$  =  $CO_2$ -utsläpp från respektive trafikslag och omlastningsteknik

$EC$  = Energiförbrukning för respektive trafikslag och omlastningsteknik

$EF(CO_2)$  = Emissionsfaktor av  $CO_2$  för energikällan

Energiförbrukning och utsläpp på grund av transportrelaterade aktiviteter sker inte endast under själva utförandet av transporten utan kan också ske i ett tidigare stadium, till exempel i samband med de processer som tillhandahåller drivmedlet för fordonet. De huvudsakliga drivmedel som i Sverige används i godstransportprocesserna är dieselbränsle och elkraft. För att kunna jämföra miljökonsekvenserna av transportprocesser med olika energikällor måste den totala energikedjan beaktas.

När det gäller utsläpp från eldrivna järnvägsfordon produceras utsläppen i förkedjan som tillhandhåller energin medan det för dieseldrivna fordon och transportutrustning är under själva användningen som huvuddelen av utsläppen produceras. Mängden utsläpp påverkas också av andra faktorer såsom körsätt, antal stopp, väder, vägens beskaffenhet, vägslag, underhåll och motortyp (Cefic, 2011). Därför bör resultaten av dessa beräkningar ses som en estimering av miljöpåverkan snarare än exakt data.

I en intermodal transportkedja kan energiförbrukningen estimeras för de ingående delkomponenterna såsom tågdragnin, sjöfart, växellok och omlastningsutrustning på terminaler samt matartransporter på väg till och från terminalerna. Beräkningar för en intermodal transportkedjas järnvägsdel baseras på energiåtgången för ett referenståg som transporterar containrar (se tabell 1) eller trailers (se tabell 2).

*Tabell 1. Miljö- och energiberäkningar för ett referenståg för containrar*

<b>Energiförbrukning - Containertåg</b>			
KWh/tågkm (Lok)	5,00	2 330	
KWh/bruttotonkm (vagnar)	0,0152	6 602	
Summa (KWh)		8 932	
KWh/bruttotonkm		0,0206	
KWh/nettonkm		0,0437	
KWh/lastbärarekm		0,342	
MJ	3,6	32 154	
MJ/bruttotonkm		0,0740	
<b>CO2 utsläpp</b>	<b>Europeisk</b>	<b>Nordisk</b>	<b>Svensk</b>
g/KWh	460	100	10
g/bruttotonkm	9,5	2,1	0,2
g/nettonkm	20,1	4,4	0,4
g/lastbärarekm	157,4	34,2	3,4
Kg/teukm	0,16	0,03	0,0034
Ton per tåg och år	1 282	279	28

*Tabell 2. Miljö- och energiberäkningar för ett referenståg för trailers*

<b>Energiförbrukning - Trailertåg</b>			
KWh/tågkm (Lok)	5,00	2 330	
KWh/bruttotonkm (vagnar)	0,0160	8 740	
Summa (KWh)		11 070	
KWh/bruttotonkm		0,0203	
KWh/nettonkm		0,0508	
KWh/lastbärarekm		1,080	
MJ	3,6	39 852	
MJ/bruttotonkm		0,0730	
<b>CO2 utsläpp</b>	<b>Europeisk</b>	<b>Nordisk</b>	<b>Svensk</b>
g/KWh	460	100	10
g/bruttotonkm	9,3	2,0	0,2
g/nettonkm	24,9	5,1	0,5
g/lastbärarekm	496,7	108,0	10,8
Kg/teukm	0,50	0,11	0,0108
Ton per tåg och år	1 589	345	35

Energiåtgången beräknas för ett helt tåg och presenteras som det transportarbete som utförs vid förflyttning av en lastbärare, ett bruttoton eller ett nettoton. Vid omvandling mellan olika lastbärare tas hänsyn till lastbärarnas kapacitet. De beräknade utsläppen av CO<sub>2</sub> baseras på den beräknade energiåtgången som i sin tur baseras på energins ursprung. Vid känslighetsanalysen i denna studie har tre modeller för energiberäkning vid elförsörjning av referenståget använts: svensk, nordisk samt europeisk elmix.

De utsläppsberäkningar som utförts för lastbilstransporter, baseras på tre källor (Cefic, 2011, Cider, 2016 och TERM, 2012) där den första (Cefic, 2011) anger värden för energiåtgång för 44 ton respektive 26 ton tunga lastbilar. Utifrån dessa beräkningar kan därefter energiåtgången för ett antal fordonskonfigurationer estimeras (se figur 1).

<b>Fordonskonfiguration</b>	<b>Lastbärartyper</b>	<b>Bruttovikt (BK1)</b>
	1 kort växelflak (= 1CT)	26 ton
	2 korta växelflak (= 2 CT)	40 alternativt 44 ton
	2 korta växelflak (= 2 CT)	40 alternativt 44 ton
	1 kort växelflak + 1 långt växelflak, alternativt 1 kort växelflak och en semi-trailer (påhängsvagn) (= 1 CT + 1 ST)	60 alternativt 64 ton, eller 74 ton vid BK4
	1 semi-trailer (påhängsvagn/trailer) = 1 ST	40 alternativt 44 ton

Figur 1. Vägfordonskonfigurationer förekommande i intermodala transportkedjor i Sverige (Bäckström et al, 2009 – kompletterad)

CO<sub>2</sub>-utsläppen har därefter beräknats baserat på emissionsfaktorn för dieselbränsle (se tabell 3 och tabell 4). Av dessa tabeller framgår strukturen för beräkningar som utförs avseende energiåtgång och utsläpp vid lastbilstransporter. Beträffande utsläpp från sjöfart kan en särskilnad göras mellan nationell kustsjöfart respektive internationell sjöfart, där den senare på grund av stordriftsfördelar och resursoptimering generellt sett genererar lägre utsläpp per nettotonkm (se tabell 5). En estimering för miljö- och energiberäkningar har modellerats för ett referensfartyg samt ett referenståg. Fartyget används antingen i servicefart (8,5 knop) eller i lågfart (5 knop).

Tabell 3. Miljö- och energiberäkningar för lastbilstransporter samt utvärderade vägfordonskonfigurationer

<b>Energiförbrukning vid vägtransport</b>	Bruttovikt (ton)	44	26	
	Bränsleförbrukning (l/bruttoton-km)	0,012	0,015	
<b>Emissionsfaktor (diesel)</b>	CO <sub>2</sub> -utsläpp (kg/l)	2,56		
<b>Vägfordonskonfiguration (1 lastbil)</b>	<i>Transportkedjans utformning</i>		Direkt lastbilstransport	Intermodal kedja container trailer
	<i>Distributionsområde</i>	Stockholms innerstad	1 CT	1 CT 1 ST
		Övriga Stockholm	1 CT + 1 ST	2 CT 1 ST
		Övriga Mälardalen	1 CT + 1 ST	2 CT 1 ST

**Tabell 4. Sammanställning av miljö- och energiberäkningar för olika vägfordonskonfigurationer**

Fordonsvikt Tara	Fordonsvikt Brutto	Bränsle- förbrukning: lastat	Bränsle- förbrukning: olastat	Bränsle- förbrukning: lastat	CO <sub>2</sub> utsläpp: lastat	CO <sub>2</sub> utsläpp: olastat	CO <sub>2</sub> utsläpp: lastat	Källa
Ton	Ton	l/km	l/km	l/bruttotonkm	g/bruttotonkm	g/bruttotonkm	g/nettotonkm	
14	(BK1) 23,5	0,3			37,4		115,6	(Volvo, 2016a)
14	(BK2) 26	0,4			35,9		97,3	
14	26			0,015		40,1	86,8	(CEFTIC, 2011)
20	44			0,012		32,0	58,7	
20	40	0,44	0,3		29,4	40,1	73,4	(Volvo, 2016b)
21	60	0,5	0,3		22,3	38,1	42,8	
21	64	0,52	0,3		21,7	38,1	40,4	
22	74	0,57	0,31		20,6	37,6	36,6	
Genomsnitt	Genomsnitt						75,3	(TERM27, 2012)
Genomsnitt:							69,7	

**Tabell 5. Energiåtgång för utvärderade transportslag samt omlastningsteknik**

Aktivitet	Förutsättning	Bränsleförbrukning	Energiåtgång
Vägtransport		0,027 l/nettotonkm	0,267 kWh/nettotonkm <sup>1</sup>
Jämväg	Containertågstransport		0,044 kWh/nettotonkm <sup>2</sup>
	Trailertågstransport		0,051 kWh/nettotonkm <sup>2</sup>
Sjöfart	Servicefart (8,5 knop/16 m/h)	160 l/h <sup>3</sup> (0,013 l/nettotonkm)	0,132 kWh/nettotonkm
	Lågfart (5 knop/9,4 km/h)	50 l/h <sup>3</sup> (0,007 l/nettotonkm)	0,070 kWh/nettotonkm
Omlastning	Reach-stacker	1,25 l/lyft	12,3 kWh/lyft
	Gaffeltruck	0,65 l/lyft	6,4 kWh/lyft

1. Omräknat med stöd av SPBI, 2016

2. Omräknat enligt Nordisk elmix

3. En präm eller ett inlandsvattenfartyg lyder under EUs bränsledirektiv och använder samma typer av dieselbränslen som lastbilar

Indata för estimering av miljöeffekter av sjöfart längs kuster och inre vattenvägar har hämtats från NTM (Nätverket för Transporter och Miljön) vilka har ett verktyg för miljökalkyler av transporter, NTMCalc, som baseras på insamlade data för emissions- och bränsleförbrukningsfaktorer för fordon och arbetsmaskiner (NTM, 2016). Om en transport av 20 ton gods, Norvik – Stockholm (55 km), ansätts genereras som utdata ett CO<sub>2</sub>-utsläpp på 33,34 g/nettotonkm (se tabell 6). I tidigare studier har CO<sub>2</sub>-utsläpp per transportslag beräknats (TERM, 2012). Detta har använts i en valideringsprocess för estimerade CO<sub>2</sub>-utsläpp för olika transportslag i Europa (se tabell 7).

**Tabell 6. CO<sub>2</sub>-utsläpp för sjöfart (kust eller inre vattenvägar) baserad på NTMCalc**

Utsläpp (g/nettotonkm)	CO <sub>2</sub> total	CO <sub>2</sub> fossil	CO <sub>2</sub> biogen	CO <sub>2</sub> e	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
<b>Fartyg</b> (tank to wheel)	30,65	30,65	0	31,14	0,0003	0,0016
<b>Bränsle</b> (well to tank)	2,67	2,67	0	3,43	0,0295	0,0001
<b>Totalt</b>	33,32	33,32	0	34,57	0,0298	0,0017

**Tabell 7. CO<sub>2</sub>-utsläpp per nettotonkm för respektive transportslag i Europa, 2005-2011 (TERM, 2012)**

YEAR	Inland	Maritime	Rail	Road	Rail – Electric	Rail – Diesel
2005	66,15	13,92	22,95	81,95	20,15	30,59
2006	65,13	13,93	21,92	81,03	18,91	30,07
2007	64,15	13,95	21,74	79,64	18,72	29,82
2008	63,24	13,97	21,56	78,37	18,52	29,58
2009	62,39	13,98	21,37	77,20	18,32	29,35
2010	61,60	14,00	21,17	76,22	18,10	29,12
2011	60,97	14,02	20,97	75,33	17,89	28,88

Beträffande energiåtgången vid omlastning av intermodala lastbärare är estimeringen av dieseldrivna omlastningssystem komplicerad om hänsyn tas till tidsåtgång per lyft samt motsvarande energiåtgång för omlastningsutrustningen under samma tidsperiod. Vid estimering av energiåtgången vid omlastning med eldrivna omlastningssystem såsom Megaswing, Innovatrain och CCT, där överföringen sker horisontellt samt direkt mellan järnvägsvagn och lastbil, antas däremot energiåtgången och därmed utsläppen per lyft vara försumbara. Direkt överföring med eldriven omlastningsteknik innebär utsläppsnivåer som är försumbara i sammanhanget och är dessutom svåra att estimeras med god precision, därför har utsläpp från dessa tekniker inte inkluderats i beräkningarna i denna studie. Kostnaderna och CO<sub>2</sub>-utsläpp per lyft och lastbärare (LB) för utvärderade omlastningssystem har sammanställts (se tabell 8).

Tabell 8. *Kostnad och CO<sub>2</sub>-beräkningar för utvärderade omlastningssystem*

<b>Omlastningssystem</b>	Omlastningskostnad per lastbärare (kr)	CO <sub>2</sub> -utsläpp från terminalutrustning per omlastad lastbärare (kg)
Medelstor konventionell kombiterminal	268	4,5
CESS terminal 1 – Lättkombi	159	1,7
CESS terminal 2 – Megaswing	143	-
CESS terminal 3 – CCT	106	-

I en studie analyserades och beräknades utsläppen av växthusgaser vid intermodal omlastning mellan väg- och järnvägsfordon (Bäckström et al, 2009). I denna studie användes en sammanställning av detta som en del i en valideringsprocess för estimering av CO<sub>2</sub>-utsläpp för intermodal omlastning (se tabell 9).

Tabell 9. *Växthusgasutsläpp för intermodal omlastning mellan tåg och lastbil (Bäckström et al, 2009)*

Terminalstorlek	Stor	Mindre	Medel
<b>Bränsleförbrukning</b>			
CO <sub>2</sub> total g/omlastning	8 286	5 367	6 163
CO <sub>2</sub> fossil g/omlastning	7 882	5 106	5 863
NO <sub>x</sub> g/omlastning	76	56	61
HC g/omlastning	25	22	23
CH <sub>4</sub> g/omlastning	0	0	0
CO g/omlastning	47	35	39
PM g/omlastning	3,8	2,4	2,8
SO <sub>2</sub> g/omlastning	0,000027	0,000017	0,000020
Renewable MJ/omlastning	5	3	4
Fossile MJ/omlastning	109	71	81
Nuclear MJ/omlastning	0	0	0

## 1.5 Definitioner

De mest centrala begreppen som använts i projektet, och som återkommer i denna rapport, har tydliggjorts och definierats nedan.

### *CCT*

CCT eller CarConTain är ett system för överföring eller omlastning av containrar, mellan järnvägsvagn och en lastbil alternativt ett terminalfordon (myra).

### *CESS terminal*

Cost-efficient Small Scale Terminal.

### **Container**

Med container avses en lastbärare som utformats enligt den internationella standard, Freight Containers, som ISO rekommenderar och som accepterats och tillämpats världen över (Bark red, 2002). Ofta används benämningen ISO-container för att koppla containern till denna standard, som bland annat föreskriver vissa längder såsom; A (40 fot), B (30 fot), C (20 fot) samt D (10 fot), varav A och C idag är vanligast förekommande. Bredden är i samtliga fall 8 fot (2 438 mm) medan höjden kan uppgå till 8 fot (2 438 mm), 8,5 fot (2 591 mm) eller 9,5 fot (2 896 mm). Standarden föreskriver även speciellt utformade hörnbeslag för hantering och säkring.

### **Dragbil**

Ett vägfordon utformat som en lastbil vilken saknar eget lastutrymme och vanligen är försedd med en vändskiva för tillkoppling av en påhängsvagn.

### **Dragtruck**

En dragtruck är avsedd för att flytta en lastbärare eller efterfordon, vanligen en släp- eller påhängsvagn. Dragtruckar finns huvudsakligen i två utföranden. En truck med syftet att främst avge en dragande eller påtryckande kraft kallas för bogserande truck.

### **Mälardalen**

Det geografiska område som i denna studie benämns Mälardalen omfattar Stockholms, Uppsala, Södermanlands, Västmanlands och Örebro län. I norr avgränsas det studerade området av en linje som går 100 km norr om E18, inkluderat Uppsala och i söder av en linje som går 100 km söder om E20 men även inkluderar Oxelösund och kustområdet söder om Stockholm. I väster avgränsas området av Örebro och Hallsberg och i öster får det en naturlig avslutning i skärgården och kustbandet.

### **Påhängsvagn – semitrailer – trailer**

En påhängsvagn, vanligen benämnd trailer eller i vissa sammanhang bennämnd semitrailer, är en vagn vars främre chassidel saknar axlar och vid vägtransport oftast vilar på en dragbils vändskiva. Lyftbara påhängsvagnar är kompatibla för intermodala transporter och kan transporteras på tåg och rullas in på fartyg.

### **Reach-stacker**

En reach-stacker är en typ av motviktstruck och kallas även teleskopbomtruck. En reach-stacker används främst vid hantering av enhetslaster, exempelvis containrar, inom terminalverksamhet (Bark red, 2002).

### **Terminaltruck**

Terminaltruckar används vid terminalverksamhet, hamnar och industrianläggningar. En terminaltruck har ofta en hydrauliskt höj- och sänkbar vändskiva för tillkoppling av ett efterfordon (Bark red, 2002).

### **TEU**

Förkortning av Twenty Foot Equivalent Unit. 1 TEU motsvarar lasten i en 20 fots container eller annan lastbärare klass C, såsom ett kort växelflak. 2 TEU motsvarar en 40 fots container eller annan klass A lastbärare såsom en påhängsvagn eller trailer.

### **Truck**

En truck är en obunden utrustning för horisontell och/eller vertikal förflyttning av gods och material kortare sträckor, oftast inom arbetsområden och i distributions-, industri och terminalanläggningar (Bark red, 2002). Med obunden utrustning avses utrustning som utvecklats för att framföras av en medåkande förare eller operatör.



## 2 Mälardalens geografi och godsflöden

### 2.1 Kartläggning och differentiering av regionala godsflöden

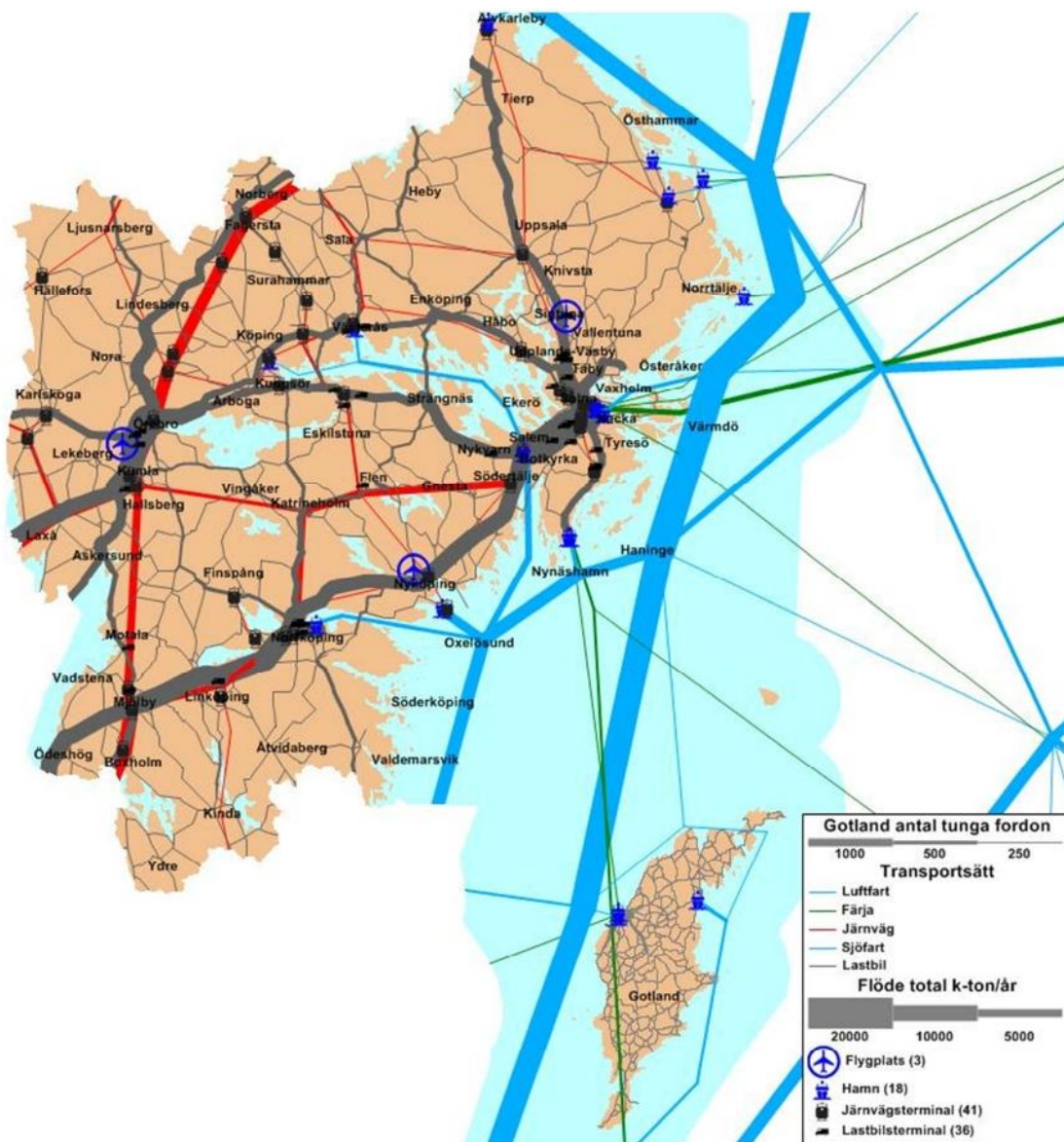
I den regionala utvecklingsplanen för Storstockholm (RUFS 2010) identifierades den övergripliga infrastrukturen i Stockholmsregionen, inklusive kombiterminaler samt andra stora transportgenererande verksamheter såsom bland annat logistik- och distributionsanläggningar med mera (SLL, 2010). Ett tidsperspektiv fram till år 2030 för de angivna infrastrukturanläggningarna har illustrerats (se figur 2).



Figur 2. Målbild av infrastrukturen för godstransporter i Stockholmsregionen år 2030 (SLL, 2010)

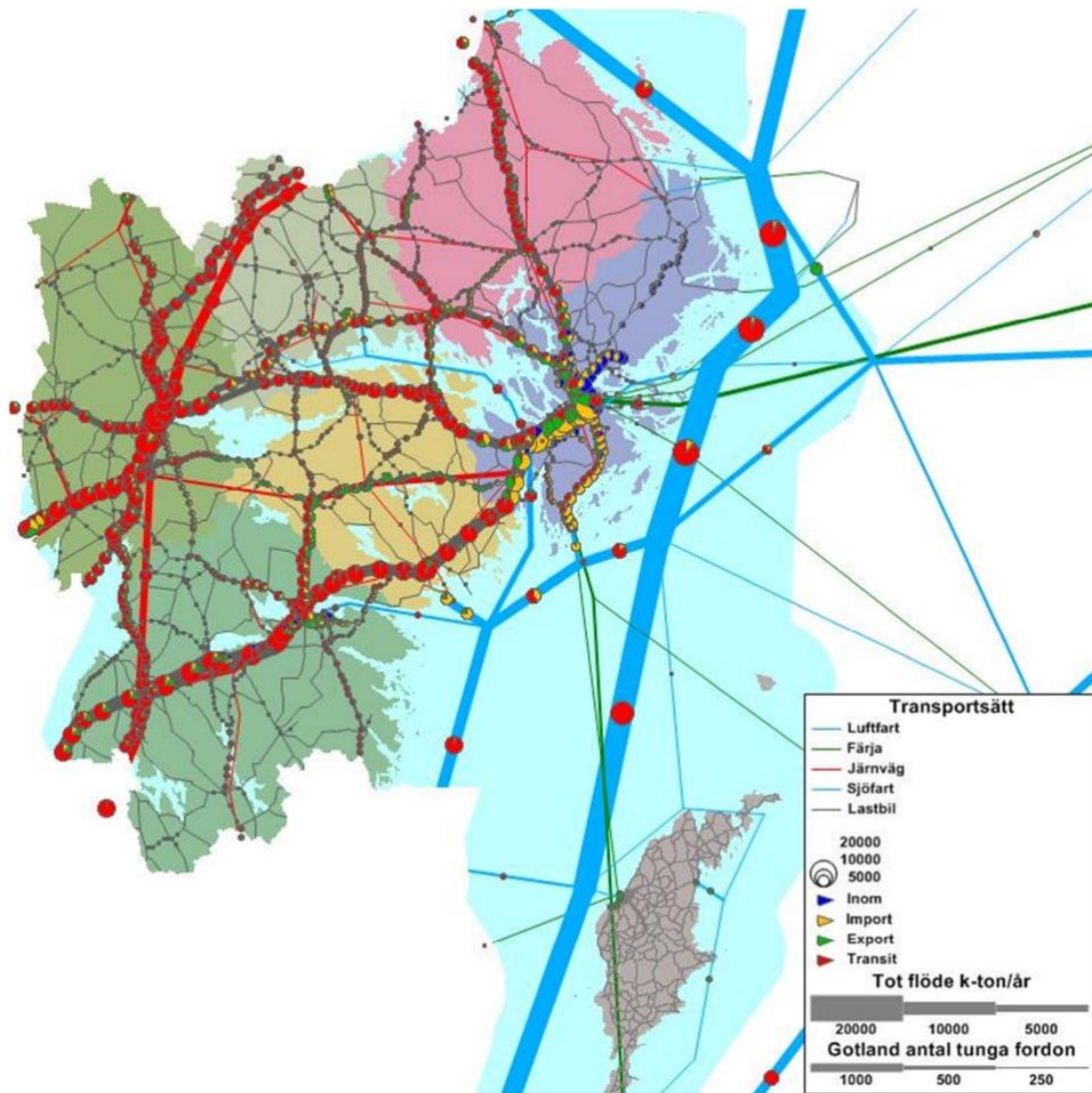
Det kan även noteras att Årsta, Lunda och Tomtebodas i RUFS 2010 pekades ut som möjliga distributionscentrum för Stockholmsregionen. Andra områden med potential för utveckling av storskalig varuhantering samt terminaler, för främst distribution, med stora omland hade erhållit benämningen logistikcentrum. De områden som hade identifierats som logistikcentrum var Norvik, Jordbro, Bro, Rosenkälla och Hallstavik.

Med syftet att kartlägga godstransporter i Östra Mellansverige (ÖMS) initierades inom *En Bättre Sits* en studie om godsflöden inom detta område (Mälardalsrådet, 2013). I studien studerades bland annat godsflöden för respektive transportslag till, från och inom denna region (se figur 3 respektive 4). Dessa flöden har kategoriserats och beskrivs vidare i detta avsnitt.



Figur 3. Totala antalet godstransporter 2013 för respektive transportslag i Östra Mellansverige (ÖMS), exklusive luftfart (Mälardalsrådet, 2013)

Vidare framkom till följd av studien ett antal frågeställningar vilka bedömdes vara av stort intresse att analysera och bearbeta vidare, i olika fortsättningsstudier och/eller andra projekt.



Figur 4. Totala antalet transporter i Östra Mellansverige (ÖMS) och import, export, transit och inom-länstransporter med avseende på respektive län i ÖMS (transporter visas i tusentals ton/år) (Mälardalsrådet, 2013)

Frågeställningarna var följande:

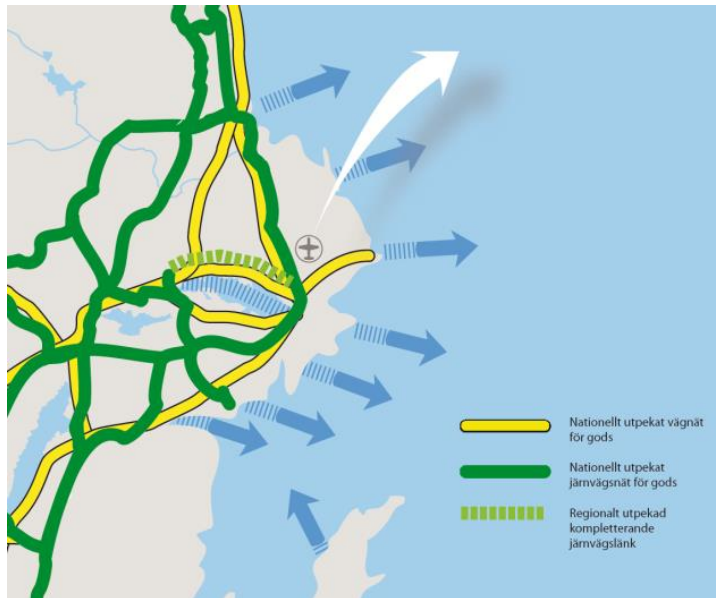
1. Hur kommer godsflödena till och från hamnarna i regionen att påverkas av att den nya hamnen i Norvik byggs?
2. Kombiterminalfrågor avseende bland annat var det är lönsamt att lokalisera nya kombiterminaler.
3. Riskbedömningar kring vissa frågor, exempelvis vad som kan hända om en väg eller järnvägslänk stängs av.
4. Västerås hamn – vad kan förbättringar i hamnen ge för effekter på godsflödena?
5. Placering av biltullar utifrån typ av transporter på vägarna.
6. Mark- och exploateringsfrågor – till exempel bostäder kontra logistikområden.

En avsikt var att med denna komplettera den tidigare studien genom att bland annat närmare undersöka de angivna frågeställningarna. Detta avsåg i första hand de två förstnämnda frågorna eftersom dessa ansågs vara av störst vikt och bäst passade in på denna studies syfte. De övriga frågorna kommer dock även att belysas. Beträffande punkt 1 hänvisas till beskrivningen av Stockholms Hamnar (se avsnitt 2.1.4).

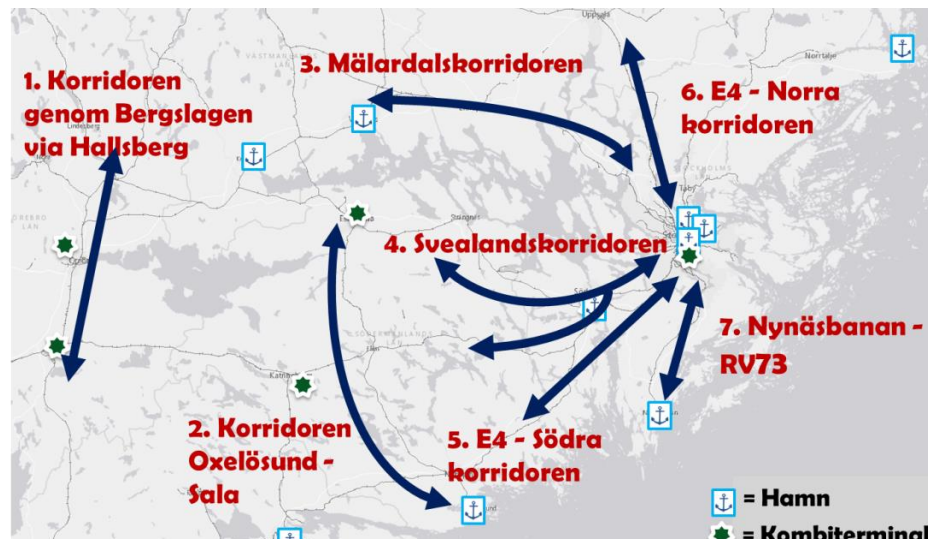
## 2.1.1 Regionala godskorridorer och flöden på land

### Godsstråk/godskorridorer

I Östra Mellansverige finns ett antal nationellt utpekade godsstråk (Trafikverket, 2012). Dessa stråk beskriver de stora godsflöden som finns i regionen och på olika sätt belastar infrastrukturen inom regionen (se figur 5). Dessa flöden skulle i bästa fall kunna anslutas till det tilltänkta logistiksystemet och ligga till grund för dess utformning alternativt påverka det. Trafikverket använder i sin planeringsverksamhet begreppet *stråk*, som för järnvägstrafik avser en avgränsad bana. Ett intressant stråk är norr om Mälaren längs med Mäljarbanan och på väg E18. Idag är detta ett nationellt utpekade stråk för godstransporter på väg men regionalt utpekade som en kompletterande järnvägslänk. Behovet av en kompletterande järnvägslänk grundar sig bl.a. på den kapacitetsförbättring som genomförts på Mäljarbanan samt de utbredda transporterna av enhetslastat gods till och från Stockholmsregionen längs detta stråk. Utifrån de största godstransportflöden på väg- och järnväg i regionen har ett antal korridorer identifierats (se figur 6). Det finns även intermodala terminaler i korridorerna samt i ändarna av dessa, som ger möjlighet till överflyttning mellan olika transportslag.



Figur 5. Nationellt utpekade godsstråk i Östra Mellansverige (Trafikverket, 2012)



Figur 6. Godskorridorer i Mälardalen. (Kordnejad, 2016)

Trafikverket har vidare definierat ett antal funktionella stråk i järnvägsnätet, varav flera berör Mälardalsregionen (Trafikverket, 2016).

### 1. Godskorridoren genom Bergslagen via Hallsberg

Järnvägskorridoren genom Bergslagen via Örebro och Hallsberg till Mjölby, ingår i det nationella godsstråket på järnväg och är det mest trafikerade järnvägsstråket i regionen (se figur 7). Riksbangården i Hallsberg är en av det svenska järnvägsnätets viktigaste knutpunkter. Även om denna korridor är regionens mest trafikerade järnvägsstråk är godsflödet på väg nästan av samma storlek (se figur 3).

Kombitransporterna är mer omfattande söder om Hallsberg, i korridorens södra del.



Banor och linjedelar 2015 Färgen motsvarar graden av kapacitetsbegränsningar	Antal tåg per dygn i dimensionerande riktning – hösten 2015		
	Person	Gods	Summa
<b>Godsstråket genom Bergslagen</b>			
Storvik – Avesta / Krylbo	12	40	52
Avesta / Krylbo – Fagersta	12	39	51
Fagersta – Frövi	10	35	45
Frövi – Hovsta	27	31	58
Hovsta – Örebro	50	32	82
Örebro – Hallsberg pbg	57	35	92
Hallsberg pbg – Degerön	18	33	51

Figur 7. Godsstråket genom Bergslagen via Hallsberg (Trafikverket, 2016)

### 2. Godskorridoren Oxelösund – norra Sverige via Sala

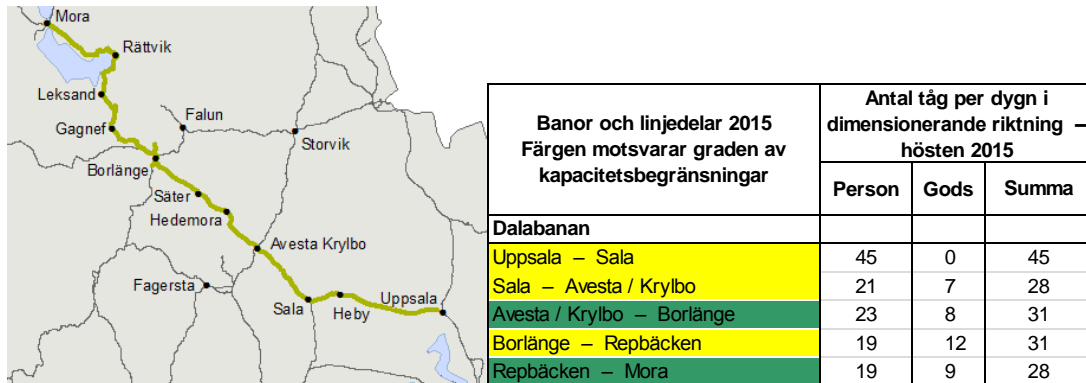
Järnvägskorridoren sträcker sig mellan Norrköping och Oxelösund i söder, via Eskilstuna till norra Sverige (se figur 8). Korridoren ingår på järnvägssidan i ett viktigt godsstråk för systemtågstransporter mellan Oxelösund och Borlänge, i vilket även Dalabana ingår (se figur 9). Godstransporterna på väg är av begränsad mängd, men korridoren utgör ett viktigt vägstråk med två vägförbindelser över Mälaren.



Banor och linjedelar 2015 Färgen motsvarar graden av kapacitetsbegränsningar	Antal tåg per dygn i dimensionerande riktning – hösten 2015		
	Person	Gods	Summa
<b>Sala – Oxelösund</b>			
Sala – Västerås N	27	7	34
Kolbäck – Rekarne	38	2	40
Eskilstuna – Flens Ö	31	8	39
Flens Ö – Oxelösund	0	4	4

Figur 8. Banan Sala – Oxelösund (Trafikverket, 2016)

Godsflödena av enhetsberett gods är däremot idag inte särskilt omfattande på järnvägen mot Borlänge men alternativt går korridoren efter Eskilstuna via Västerås till Gävle, och i den relationen kan enhetslastade godsflöden identifieras.



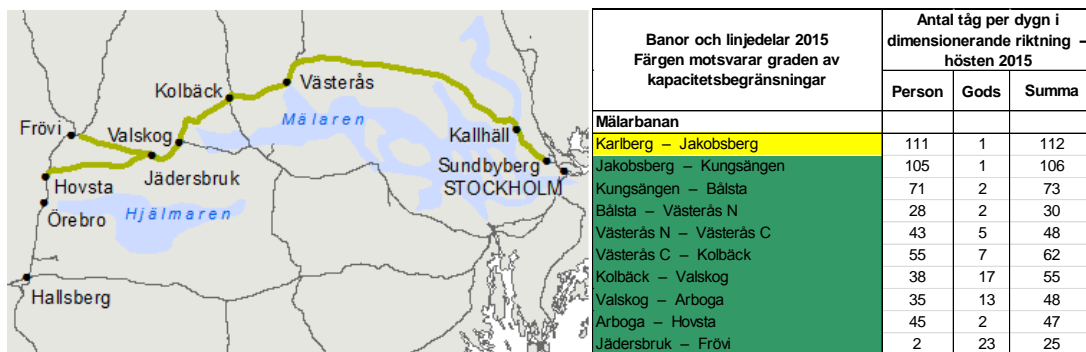
Figur 9. Dalabanan (Trafikverket, 2016)

### 3. Mälarkorridoren

Järnvägskorridoren utgörs av bland annat Mälarbanan och sträcker sig mellan Örebro och Stockholm (se figur 8). Godstransporterna är av delvis begränsad omfattning där Mälarbanan trafikerades av två tåg per dygn öster om Västerås. Väster om Västerås däremot är det betydligt mer trafik där exempelvis Västerås – Kolbäck trafikerades med 17 godståg per dygn. Kapacitetsförbättringarna med spårutbyggnad till fyrsparig bana på sträckan Kallhäll – Stockholms central, pågår.

Mälarkorridoren på väg går från Hallsberg, via Örebro, Västerås och Enköping till Stockholm, och är ett viktigt godsstråk för vägtransporter från västra Sverige och via E18 i Mälardalen mot Stockholm.

En stor del av vägtransporterna är enhetslastade (se avsnitt 2.1.3) vilket innebär en stor potential för överflyttning till intermodala transporter.



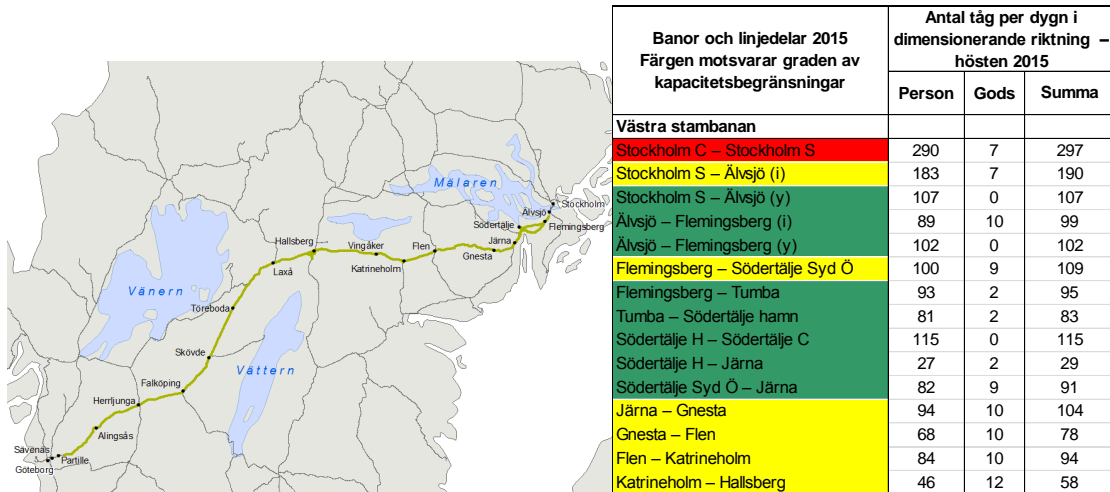
Figur 10. Mälarbanan (Trafikverket, 2016)

### 4. Svealandskorridoren

Svealandskorridoren på järnväg, mellan Hallsberg och Stockholm, utgörs av Västra stambanan via Katrineholm alternativt Svealandsbanan via Eskilstuna och Södertälje (se figur 11 och 12). Godsflödena på järnväg till/från Stockholmsområdet belastar Svealandskorridoren i större omfattning än Mälarkorridoren.

Godsflöden på väg går på E20 mellan Södertälje, Nykvarn, Mariefred, Eskilstuna och Arboga där den sammanläknas med E18. Flöden på väg är betydligt större än de på järnvägen, där merparten är ämnad för transit (se figur 3).

I korridoren transporteras stora mängder enhetslastat gods på järnväg och väg.



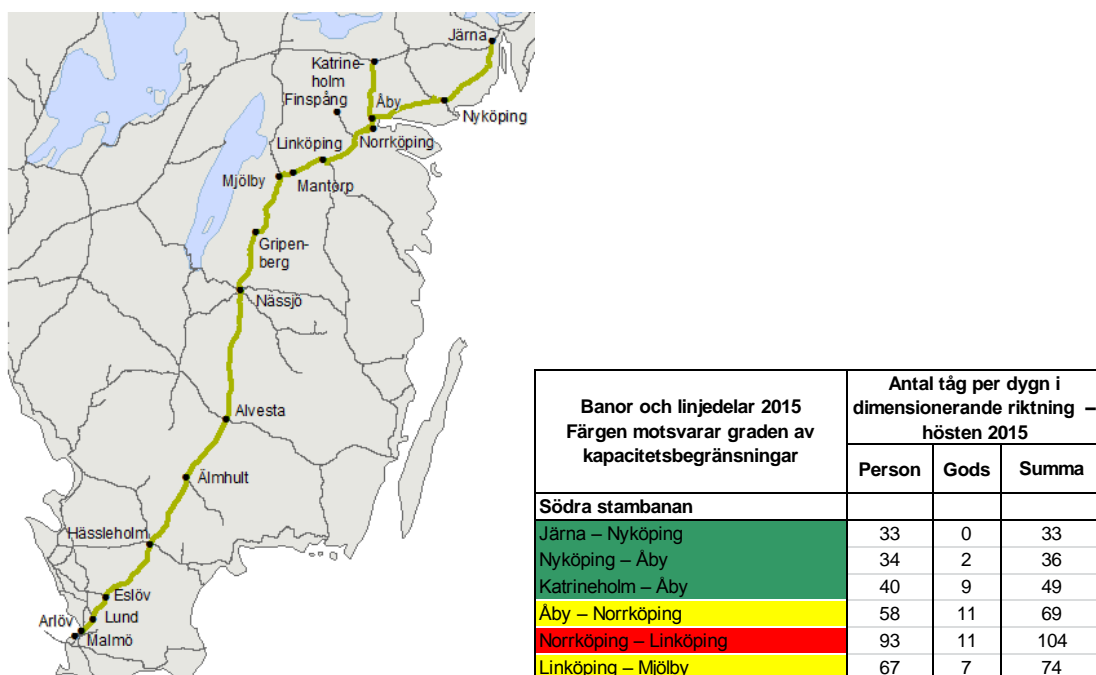
Figur 11. Västra stambanan (i = innerspår, y = ytterspår) (Trafikverket, 2016)



Figur 12. Svealandsbanan (Trafikverket, 2016)

### 5. E4 – Södra korridoren

Järnvägskorridoren sträcker sig mellan Stockholm och Malmö samt består av Södra stambanan, Nyköpingsbanan och Västra stambanans östliga del (se figur 13). Ett huvudstråk är Malmö – Katrineholm – Stockholm och godsflödet på Nyköpingsbanan (Åby – Nyköping – Järna) är av begränsad omfattning. Kapaciteten är ansträngd mellan Linköping och Norrköping.



Figur 13. Södra stambanan (Trafikverket, 2016)

Den södra E4-korridoren, via Linköping, Norrköping, Nyköping och Södertälje till Stockholm, är östra Mellansveriges mest trafikerade godsstråk på väg och ingår i ett viktigt nationellt stråk från södra Sverige till Stockholm och vidare mot norra Sverige.

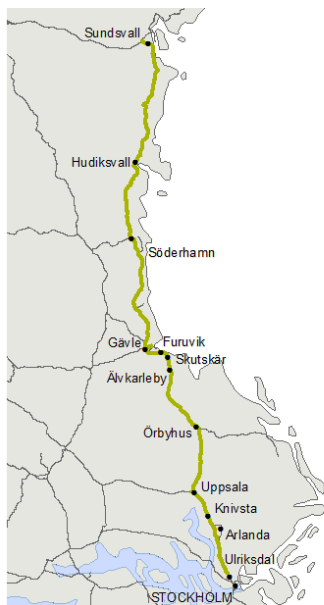
Till Skåne importerar en stor mängd enhetslastat gods, både land- och sjövägen. Merparten av detta gods vidaretransporteras norrut på väg varav en stor del till Mälardalen. Ett exempel på ett gränsöverskridande kombitågsystem är Samskip van Dierens tåg mellan Duisburg, i Tyskland, och Katrineholm med avgångar 6 dagar i veckan. Ett exempel på ett nationellt kombitransportsystem inom Sverige är Coops tåg mellan Malmö och Bro, där större delen av lasten på tåget hämtas upp från dagligvaruleverantörer lokaliserade i Skåne alternativt består utav importvaror.

### 6. E4 – Norra korridoren

Järnvägskorridoren utgörs av bland annat Norra stambanan, mellan Stockholm och Uppsala, samt Ostkustbanan mellan Uppsala och Gävle (se figur 14). Transporterna på järnväg är relativt sparsamma på Ostkustbanan. Korridoren har dock fått ökad kapacitet då Ostkustbanan har förstärkts men kapaciteten är fortfarande ansträngd från Stockholms central fram till norr om Uppsala, vid Samnan och Tierp.

Norra E4-korridoren går från Stockholm, via Uppsala och Gävle till norra Sverige och utgör ett viktigt godsstråk på vägsidan. Flödena är dock inte lika omfattande som i den södra korridoren och en stor godsmängd har Stockholm som målpunkt.

En stor mängd enhetslastat gods transporteras till hamnen i Kapellskär som är en RoRo-hamn som saknar järnvägsanslutning. Korridoren kan även få mer godsflöden på järnväg genom att en kombiterminal öppnades i Rosersberg 2016.



Banor och linjedelar 2015 Färgen motsvarar graden av kapacitetsbegränsningar	Antal tåg per dygn i dimensionerande riktning – hösten 2015		
	Person	Gods	Summa
<b>Ostkustbanan</b>			
Stockholm C – Karlberg (i)	195	0	195
Stockholm C – Karlberg (y)	173	3	176
Karlberg – Skavstaby (i)	116	1	117
Karlberg – Skavstaby (y)	149	1	150
Skavstaby – Märsta	103	2	105
Märsta – Myrbacken	30	4	34
Skavstaby – Arlanda Nedre	159	0	159
Arlanda Nedre – Myrbacken	73	0	73
Myrbacken – Uppsala	103	3	106
Uppsala – Samnan	122	6	128
Samnan – Tierp	62	3	65

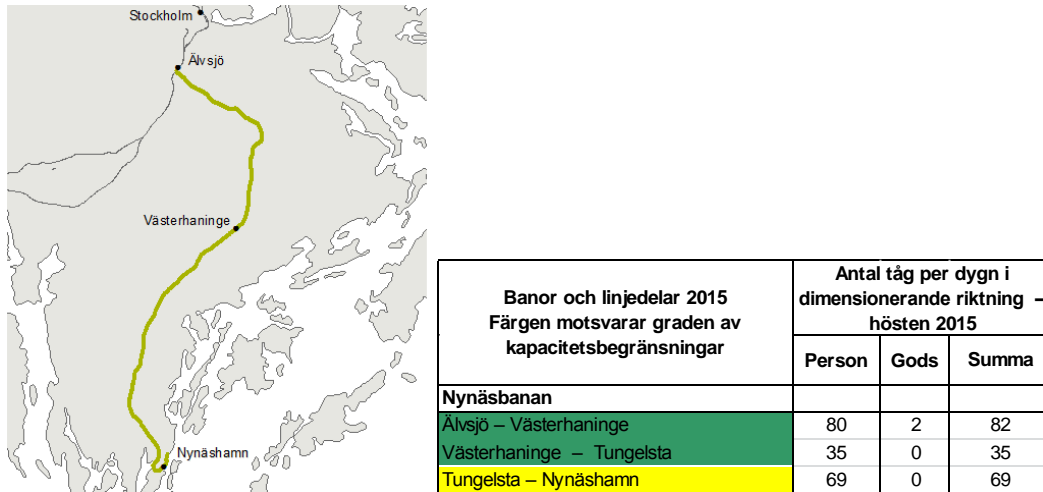
Figur 14. Ostkustbanan (i: innerspår, y: ytterspår) (Trafikverket, 2016)

### 7. Nynäsbanan och riksväg 73

Korridoren utgörs av Nynäsbanan, mellan Älvsjö i södra Stockholm och Nynäshamn (se figur 15). Nynäsbanan är tätt trafikerad av pendeltåg och det finns väldigt lite godstrafik med några få undantag mellan Västerhaninge och Älvsjö, framförallt är de ämnade för varuhanterade verksamheter i Jordbro. Banan är dubbelspårig ned till Tungelsta, men utbyggnad är planerad hela vägen till Nynäshamn.

Flöden längs denna korridor domineras kraftigt av vägtransporter (se figur 3).





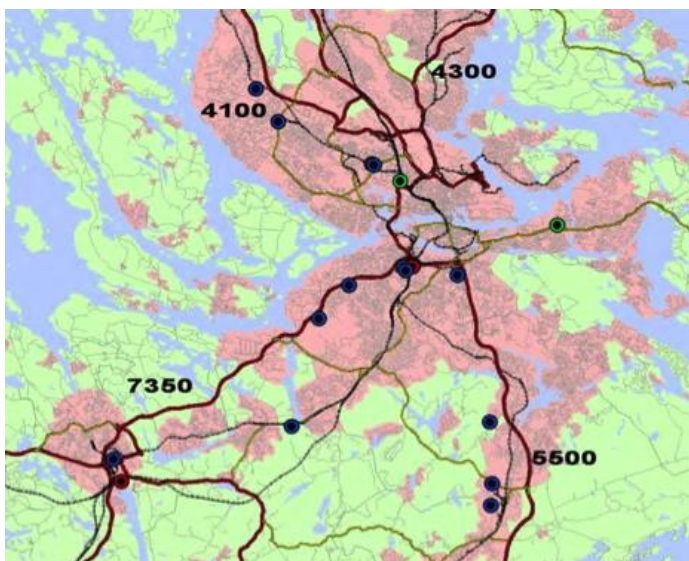
Figur 15. Nynäsbanan (Trafikverket, 2016)

När verksamheten i Stockholms frihamn flyttas till den nya containerhamnen Norvik i Nynäshamn förväntas de intermodala transporter på Nynäsbanan att växa kraftigt.

### Stockholms län

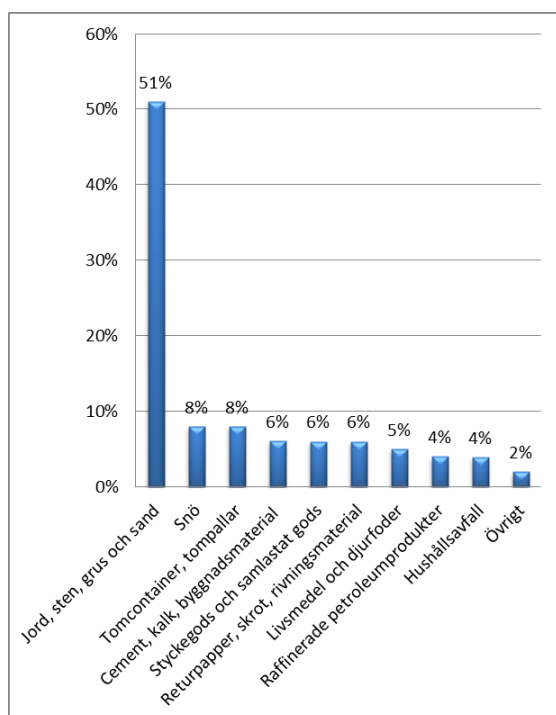
Storstadsregioner kräver godstransporter som kategoriseras av ett inflöde av livsmedel och konsumentvaror och ett utflöde av avfall och material för återvinning. Inom storstadsområdena finns logistikverksamhet såsom terminaler och lager, samt i vissa fall hamnar, vilka alla kräver inkommande och utgående transport. Då städerna växer och den tillgängliga marken exploateras, förskjuts ofta logistikrelaterad verksamhet från städernas centrala delar mot utkanten av tätortsområdena. Verksamhet i centrala lägen konkurrerar ofta med bostäder om den tillgängliga marken. Möjligheten att använda järnväg eller sjöfart flyttas ofta till städernas utkanter. I Stockholm tenderar terminalerna att vara mer utspridda än i Göteborg och Malmö.

Det finns en tydlig struktur för placeringen av terminaler i Storstockholmsområdet (se figur 16). Ett kluster av terminaler finns i Västberga/Årsta, strax söder om centrala Stockholm, där några stora avlastare, en kombiterminal, ett samlastningsföretag och ett antal stora åkerier har sin verksamhet. Det finns också ett antal terminaler norr om Stockholm i Solna och ett antal andra områden längre ut från staden.



Figur 16. Lokalisering av terminaler och antal tunga lastbilar (över 3,5 tons totalvikt) i genomsnitt per dag i Stockholm (Pettersson et al, 2012)

I Sverige liksom i Stockholms län dominerar lastbilstransporter varugruppen jord, sten, grus och sand. Under 2010 stod denna varugrupp för 51 % av den godsmängd i viktenheten (ton) som transporterades inom länet (se figur 17). Snö och tomcontainerar och tompallar stod för 8 % vardera, cement, kalk och byggmaterial, styckegods och samlastat gods och returpapper, skrot, rivningsmaterial 6 % vardera, livsmedel och djurfoder 5 % och raffinerade petroleumprodukter och hushållsavfall svarade för 4 % vardera. De flesta av varugrupper ovan innehåller råvaror som är tunga och får därmed stor inverkan på den statistik som baseras på godsmängder angivna i viktenheter (ton). Livsmedel och djurfoder är också en viktig handelsvara i regionen eftersom det är den folkrikaste regionen i Sverige. 65 % av allt gods som transporteras inom länet, genomfördes på avstånd kortare än 30 km (Trafikanalys, 2012).



Figur 17. De största varugrupperna som transporterades inom Stockholms län (Trafikanalys, 2012)

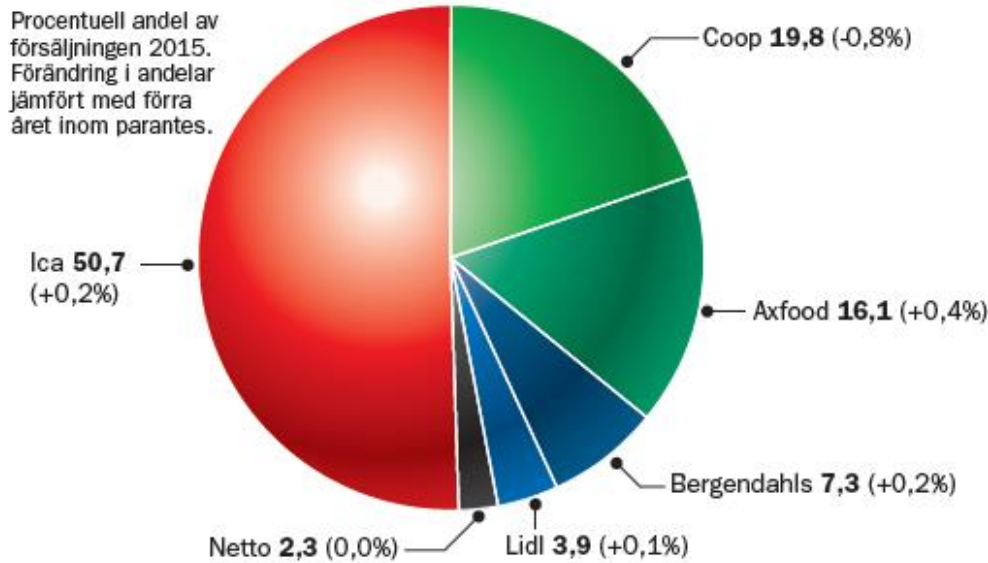
Den totala varumängd som lastades på lastbilar för inrikestransporter inom Stockholms län uppgick till 41,8 miljoner ton under 2014 (se tabell 10). Av detta utgjordes 77 % av gods som lastades och lossades inom länet. Andelen som lastades i Stockholm och lossades i andra län utgjorde 23 %. 44,7 miljoner ton gods lossades i Stockholms län. Av detta lastades 72 % inom länet och 28 % anlände från andra län eller motsvarande områden (Trafikanalys, 2015).

Tabell 10. Inrikes godstransporter med svenska lastbilar 2014 samt lastade och lossade godsmängder i Stockholms län (Trafikanalys, 2015)

Län	Lastad godsmängd, 1 000-tal ton				Lossad godsmängd, 1 000-tal ton			
	Totalt	95 % K.I.	Därav med destination (%)		Totalt	95 % K.I.	Därav med ursprung (%)	
			Inom egna länet/området	Till andra länder/områden			Inom egna länet/området	Till andra länder/områden
Sverige Totalt	375 192 ±	20 883	71	29	375 192 ±	20 883	71	29
01 Stockholm	41 803 ±	6 600	77	23	44 695 ±	6 639	72	28

### 2.1.2 Dagligvaruhandeln

Den svenska dagligvaruhandeln består i huvudsak av 6 aktörer (se figur 18).



Figur 18. Marknadsandelar för de största aktörerna inom svensk dagligvaruhandel 2015 och förändring från föregående år (DLF och HUI Research, 2016)

Under senare år har flertalet av aktörerna inom den svenska dagligvaruhandeln, som en del i en effektivisering av verksamheten, centraliserat sin lagerstruktur. Detta har inneburit att ett till antalet färre anläggningar, vilka var och en hanterar större volymer gods. Volymer samt en hög användning av enhetslastbärare inom branschen är fördelaktiga faktorer om de intermodala transporternas inneboende egenskaper betraktas. De tre största aktörerna inom den svenska dagligvaruhandeln Ica, Coop och Axfood (Dagab) samt den femte största aktören Lidl, har alla distributionscentraler lokaliserade till olika platser i Mälardalen (se figur 19).



Figur 19. Terminalsstruktur i Mälardalen för aktörerna inom den svenska dagligvaruhandeln.

Varuflödena till, från och mellan dessa terminaler går i dag i huvudsak på landsväg. Undantaget är Coop som kör sitt intermodala tåg mellan Skåne och lagret för torra varor i Bro terminal, där trailers överförs från tåg till lastbil för de flöden som ska vidare till Coops kyl- och fryslager i Västerås respektive i Enköping.

Ica har en likartad lagerstruktur med lager för färskvaror i Kallhäll (i närheten av Bro terminal) och i Västerås för torra och frysta varor. Axfood har lagerverksamhet för alla kategorier varor samt ett rikslager i Jordbro i södra Stockholm. Vidare har Axfood lager i Sätra och Örebro. Lidl har flyttat sitt lager från Eskilstuna till Rosersberg, i närheten av den nya kombiterminalen.

Flödena som dessa aktörer hanterar är stora i både västlig och östlig riktning då de går till terminalerna (främst från producenter söder- och västerifrån) och från terminalerna till butiker i regionens stora konsumtionsområden. Sammantaget medför detta att stora godsvolymer transporteras i regionen, främst på E18 mellan Stockholm och Västerås, flöden som ur ett tekniskt perspektiv skulle kunna sammanlänkas med ett system för kombitransporter. En avgörande fråga är dock om ett sådant system kan vara lönsamt ur ett företagsekonomiskt perspektiv. Affärsmodell och organisationen av upplägget är direkt avgörande för att det ska lyckas. På så korta avstånd krävs stordriftsfördelar och låga omlastningskostnader för att ekonomiskt kunna konkurrera med lastbilar.

TFK har publicerat studien *Intermodala transporter av dagligvaror* (Storhagen et al, 2008) där syftet var att ge en ökad klarhet om vilka förutsättningar och möjligheter som finns för att öka andelen intermodala transporter av dagligvaror samt att identifiera behov av fördjupad forskning. En avsikt var vidare att kartlägga varför dagligvaruhandelns aktörer endast i begränsad omfattning använde intermodala transporter och järnvägstransporter. Studien identifierade *minskade barriärer* framför allt avseende de organisatoriska förutsättningarna. Eftersom en större vilja har infunnit sig hos varuägarna för att etablera samarbeten över gränserna även med konkurrenter, skapas nya möjligheter för konsolidering av godsvolymer som i sin tur möjliggör nya intermodala lösningar. En konkret frågeställning som bör behandlas för att tillgodose förutsättningarna för intermodala transporter av dagligvaror är hur kylproblematiken kan lösas eftersom tempereringskrav föreligger för cirka 50 % av mängden dagligvaror (se tabell 11). Dagligvaror kan grovt delas in i kategorierna frysta, kyllda och torra varor samt non food. Ica och Coop har terminaler som endast hanterar en varukategori medan övriga aktörers terminaler hanterar alla kategorier.

Tabell 11. Inflöden av varukategorier för Coop, Axfood och Ica (Jensen et al, 2011)

Varukategori	Inflöde till terminaler (ton/år)	Andel av flödet
Torra varor	1 575 000	50 %
Kylt	700 000	25 %
Fryst	215 000	6 %
Non food	130 000	4 %
Frukt och grönt	280 000	15 %
<b>Totalt</b>	<b>2 900 000</b>	<b>100 %</b>

Bristande kylkontroll (bevakning), spårbarhet, brist på möjlighet till korrigerande åtgärder när systemet fallerar i kombination med ansvarsfrågor gör att åkerier tvekar att använda intermodala transporter för tempererade transporter. De åkerier som använder eller har använt intermodala tempererade transporter angav i studien (Storhagen et al, 2008) att med förebyggande underhåll och skötsel av aggregaten fungerar temperering i intermodala kedjor men att det vore önskvärt med bättre kontroll av enheter och temperatur under järnvägstransporten. Studien identifierade även att barriärerna mot att använda, främst hållbara järnvägsbaserade, transporter hade ökat i första hand i gränssnittet mellan produktionssystem och infrastruktur. Detta till följd av avregleringen av järnvägstrafiken.

Ett forskningsbehov som identifierades och behandlades i en fortsättningsstudie var att kartlägga de svenska dagligvaruföretagens flöden avseende godsslag, volymer och flödesvägar (Jensen et al, 2011). I studien kartlades och analyserades de inkommande årliga godsflödena till distributionsanläggningar/terminaler vid Coop, Axfood och Ica under perioden 2008-2010. Det största flödet av varor i Sverige konstaterades finnas mellan Skåne och terminaler belägna i Mälardalen (se tabell 12). Dessa flöden transporterades till stor del med lastbil med undantag för Coops intermodala upplägg mellan Skåne och Mälardalen, till lagret för torra varor i Bro. Noterbart är även att en stor mängd gods som transporteras till terminalerna är från leverantörer inom Mälardalen till terminaler i Mälardalen (368 000 ton per år). Motsvarande gäller för godstransporter från leverantörer till terminaler i Skåne (251 000 ton per år).

*Tabell 12. De 30 största inkommande dagligvaruflödena i Sverige till terminaler och distributionsanläggningar tillhörande Coop, Axfood och Ica (Jensen et al, 2011)*

	<b>Från</b>	<b>Till</b>	<b>Mängd (ton/år)</b>	<b>Andel</b>
1.	Skåne	Mälardalen	439 000	15,2 %
2.	<i>Inom Mälardalen</i>		368 000	12,7 %
3.	<i>Inom Skåne</i>		251 000	8,7 %
4.	Mälardalen	Göteborg med Fyrbodol	236 000	8,1 %
5.	Skåne	Göteborg med Fyrbodol	175 000	6,0 %
6.	Skåne	Dalarna	138 000	4,8 %
7.	Mälardalen	Skåne	111 000	3,8 %
8.	Mälardalen	Dalarna	76 000	2,6 %
9.	Göteborg med Fyrbodol	Mälardalen	60 000	2,1 %
10.	Örebro län	Mälardalen	56 000	1,9 %
11.	Skåne	Småland	43 000	1,5 %
12.	Skaraborg	Mälardalen	41 000	1,4 %
13.	Östergötland	Mälardalen	35 000	1,2 %
14.	Mälardalen	Övre Norrland	33 000	1,1 %
15.	Småland	Mälardalen	32 000	1,1 %
16.	Mälardalen	Småland	31 000	1,1 %
17.	<i>Inom Göteborg med Fyrbodol</i>		29 000	1,0 %
18.	Skåne	Övre Norrland	27 000	0,9 %
19.	Göteborg med Fyrbodol	Skåne	26 000	0,9 %
20.	Värmland	Mälardalen	21 000	0,7 %
21.	Skaraborg	Skåne	21 000	0,7 %
22.	Örebro län	Skåne	21 000	0,7 %
23.	Örebro län	Småland	18 000	0,6 %
24.	Östergötland	Göteborg med Fyrbodol	13 000	0,4 %
25.	Östergötland	Skåne	12 000	0,4 %
26.	Göteborg med Fyrbodol	Dalarna	11 000	0,4 %
27.	Örebro län	Övre Norrland	11 000	0,4 %
28.	Skaraborg	Småland	11 000	0,4 %
29.	Skaraborg	Dalarna	10 000	0,3 %
30.	Skaraborg	Göteborg med Fyrbodol	9 000	0,3 %
	<b>Summa (sammanräknat):</b>		<b>2 365 000</b>	<b>81,6 %</b>
	<i>Total varumängd</i>		<i>2 900 000</i>	<i>100 %</i>

Mer än 20 % av den inkommande mängden dagligvaror hanteras och transporteras i minst ytterligare ett steg, det vill säga att det transporteras mellan terminaler och/eller distributionsanläggningar innan de distribueras till butiker (se tabell 13).

*Tabell 13. Dagligvaruflöden mellan terminaler och distributionsanläggningar tillhörande Coop, Axfood och Ica (Jensen et al, 2011)*

	<b>Från</b>	<b>Till</b>	<b>Mängd (ton/år)</b>	<b>Andel</b>
1.	Mälardalen	Övre Norrland	89 000	3,1 %
2.	Mälardalen	Skåne	85 000	2,9 %
3.	Mälardalen	Göteborg med Fyrbodalen	80 000	2,8 %
4.	Mälardalen	Dalarna	61 000	2,1 %
8.	Göteborg med Fyrbodalen	Småland	55 000	1,9 %
9.	<i>Inom Mälardalen</i>		48 000	1,7 %
10.	Mälardalen	Småland	35 000	1,2 %
11.	Dalarna	Övre Norrland	34 000	1,2 %
12.	Mälardalen	Nedre Norrland	22 000	0,8 %
13.	Skåne	Göteborg med Fyrbodalen	19 000	0,7 %
14.	<i>Inom Skåne</i>		18 000	0,6 %
15.	Göteborg med Fyrbodalen	Mälardalen	16 000	0,6 %
16.	Småland	Mälardalen	13 000	0,4 %
17.	<i>Inom Göteborg med Fyrbodalen</i>		11 000	0,4%
18.	Småland	Göteborg med Fyrbodalen	11 000	0,4 %
19.	Skåne	Östergötland	9 000	0,3 %
20.	Dalarna	Mälardalen	8 000	0,3 %
21.	Mälardalen	Värmland	8 000	0,3 %
22.	Skåne	Mälardalen	8 000	0,3 %
23.	Skåne	Dalarna	8 000	0,3 %
24.	Skåne	Småland	7 000	0,2 %
25.	Småland	Dalarna	6 000	0,2 %
26.	Skåne	Övre Norrland	4 000	0,1 %
<b>Summa (sammanräknat):</b>			<b>655 000</b>	<b>22,6 %</b>
<i>Total varumängd</i>			<i>2 900 000</i>	<i>100 %</i>

Även Trafikanalys har kartlagt den svenska dagligvaruhandels transportflöden och i detta innefattat varuflöden för de 4 största aktörerna Ica, Coop, Axfood och Bergendahls. Kartläggningen visar att 40 % av dagligvaruhandels interna varuflöden (baserat på vikt) har både start och slutpunkt inom samma län (Pettersson et al, 2015). Detta förklaras vara en konsekvens av att många terminaler är belägna inom områden med stor andel av befolkningen och av att länen i vissa fall är stora. Dagligvaruhandels interna flöden har det tyngsta stråket mellan Västerås och Stockholm, vilket beror på att både Ica och Coop har stora distributionsanläggningar i Västerås och att en stor befolkningskoncentration finns i Stockholmsområdet. Denna korridor har benämnts *Mälarkorridoren* (se avsnitt 2.1.1).

Stockholms län, Västmanland och Skåne är de län som exporterar störst mängd varor till andra län. De kommuner från vilka de största varuflödena avsänds är Helsingborg, Upplands Bro, Västerås, Borlänge, Haninge, Kungälv och Göteborg (se tabell 14). Transporterna mellan terminalerna är vanligen långa och går från söder mot norr. Ett undantaget är transporter mellan Västmanlands och Stockholms län inom vilka både Coop och Ica har olika terminaler lokaliserade.

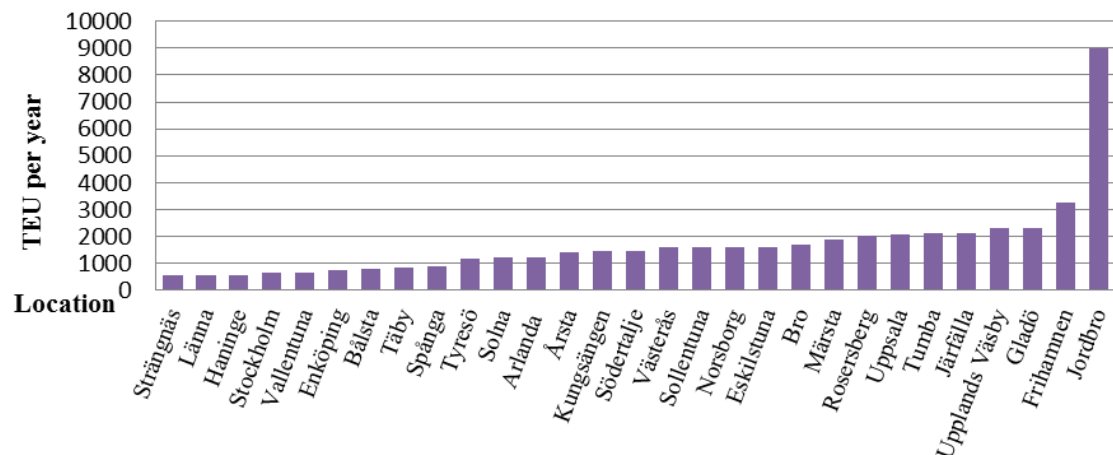
Tabell 14. De största dagligvaruflödena inom och mellan kommuner under studiens mätvecka (v. 37, 2013). (Pettersson et al, 2015)

Från	Till	Mängd (ton)
Haninge	Stockholm	2 312
Västerås	Järfälla	2 205
Västerås	Västerås	2 191
Västerås	Helsingborg	1 677
Borlänge	Umeå	1 671
Göteborg	Göteborg	1 579
Västerås	Stockholm	1 548
Västerås	Haninge	1 518
Västerås	Uppsala	1 493
Kungälv	Göteborg	1 475
Helsingborg	Malmö	1 390
Västerås	Kungälv	1 363
Göteborg	Jönköping	1 229
Helsingborg	Linköping	1 170
Järfälla	Haninge	1 167
Helsingborg	Västerås	1 110
Helsingborg	Helsingborg	1 109

### 2.1.3 Stockholms Hamnar

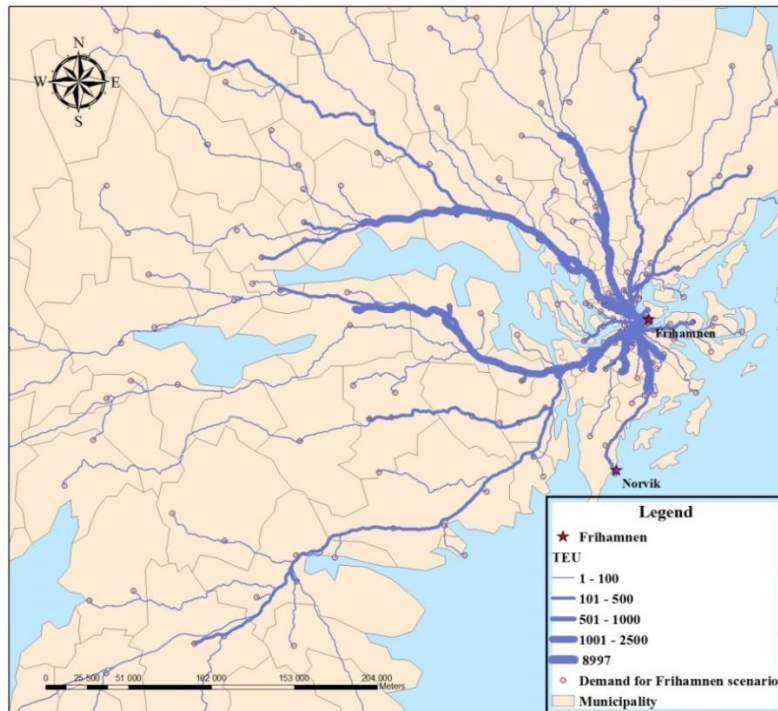
Inom ramen för denna förstudie har två examensarbeten på magisternivå genomförts på KTH, Institutionen för Transportvetenskap. Ett av dessa har behandlat intermodala hamntransporter med ett scenario för Stockholms hamn och en omlandsanalys (Vasilevskaya, 2016). Ett syfte var bland annat att besvara frågan om hur godsflödena till och från hamnarna i regionen kan komma att påverkas när hamnen i Norvik byggs. Ett mål var även att analysera utnyttjandet av intermodala transporter på kortare avstånd med Stockholms hamn som utgångspunkt. Det nuvarande logistiksystemet i Stockholms hamn analyserades därför. Vidare utvärderades ett intermodalt system, som i framtiden skulle kunna användas för transporter till och från hamnen. Målet med den fallstudie som genomfördes var att skapa förståelse för hur effektiviteten samt miljöfaktorerna för hamnens logistiknätverk skulle förändras. För att uppnå dessa mål utfördes en omfattande analys med hänsyn till efterfrågan, flödesfördelning och tillgänglighet samt förslag till infrastrukturförändringar i regionen.

Under 2015 hanterades 63 469 TEU i den nuvarande containerhamnen (Stockholms frihamn) där importflödets andel utgjorde 86 % och exportflödets 14 % (se figur 20).

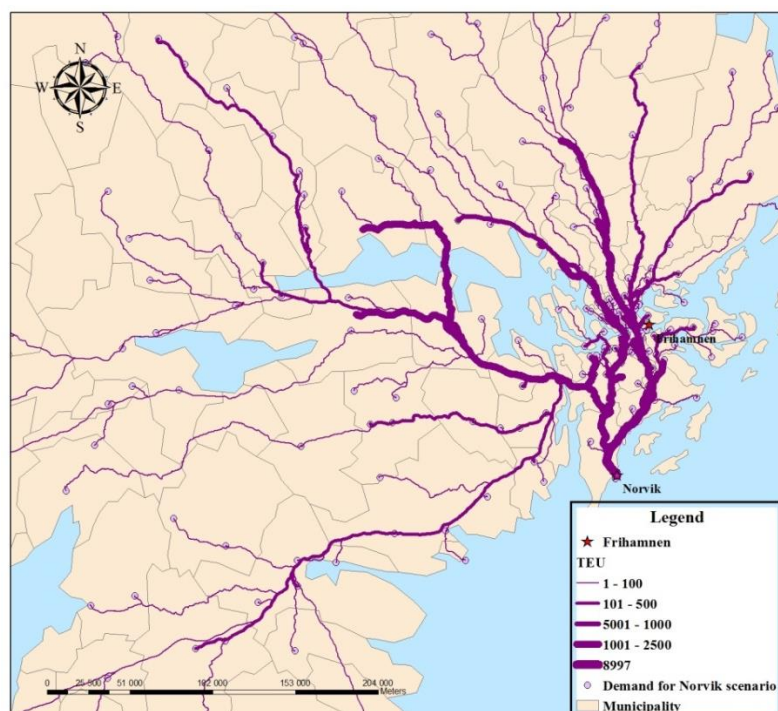


Figur 20. Platser med störst efterfrågan från Stockholms frihamn (> 500 TEU/år)

Obalansen är karakteristisk för konsumtionsstarka storstäder och leder även till en ansamling av tomcontainrar i regionen som måste hanteras. Fördelningen mellan färdslagen för matartransporter till och från Stockholms frihamn utgörs idag av att 99,62 % av lastbärarna transporteras på väg och 0,38 % på järnväg. Transportflödernas utsträckning och omfattning kan även illustreras med en kartbild (se figur 21). Detta kan jämföras med prognosticerade flöden till och från den kommande containerhamnen i Norvik baserat på samma hanterade volymer som för Stockholms frihamn under 2015 samt med samma fördelning mellan trafikslagen (se figur 22).



Figur 21. Import- och exportflöden från och till Stockholms frihamn



Figur 22. Import- och exportflöden från och till Norvik



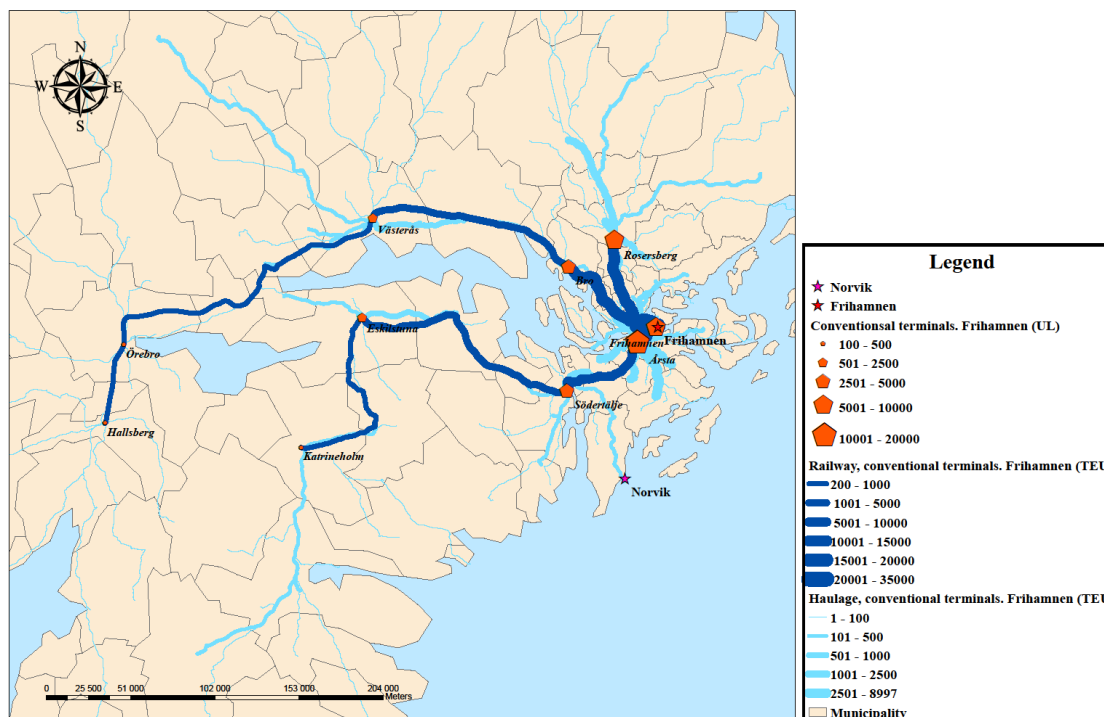
I en framtidsstudie jämfördes de befintliga flödena till och från Stockholms frihamn med ett scenario där hamnverksamheten hade flyttats till Norvik. Med undantag för hamnrelaterade aktiviteter, antogs att den godsmängd som transporterades till och från hamnen på land skulle bestå utan ändringar, oavsett hamnens lokalisering.

Baserat på en simulerings- och beräkningsmodell drogs slutsatsen att med en lika stor efterfrågan för transporter till och från hamnen, med scenariot att hamnverksamheten flyttar till Norvik, skulle effekterna bli att transportkostnaderna och utsläppen ökar, med 74 %, då transportarbetet (TEU-km) ökar (se tabell 15). Den totala sträckan för godstransporter på land till och från Norvik skulle då öka med 1 000 km, vilket resulterar i högre TEU-km värden och en högre totalkostnad.

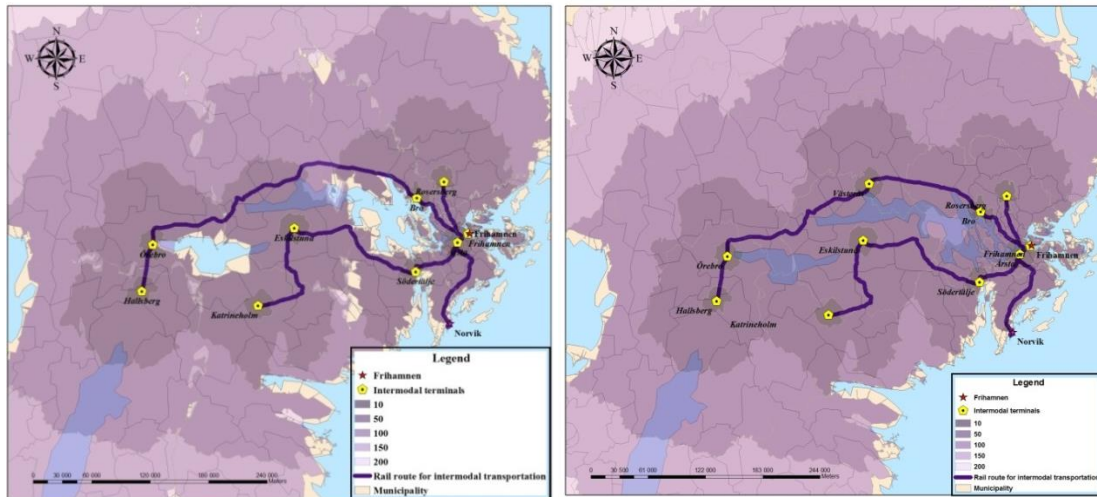
Tabell 15. Jämförelse av resultat för scenariot utan trafikslagsskifte

Scenario utan trafikslagsskifte							
	Avstånd (km)	Mängd av lastbärare (TEU)	Transportarbete (TEU-km)	Kostnad (kr/TEU-km)	CO <sub>2</sub> -utsläpp (kg/TEU-km)	Totalkostnad (kr)	Totala CO <sub>2</sub> -utsläpp (kg)
Stockholms frihamn	43 057	62 834	2 538 617	3,85	0,297	9 773 676	753 969
Norvik	52 516	62 834	4 416 787	3,85	0,297	17 004 630	1 311 786

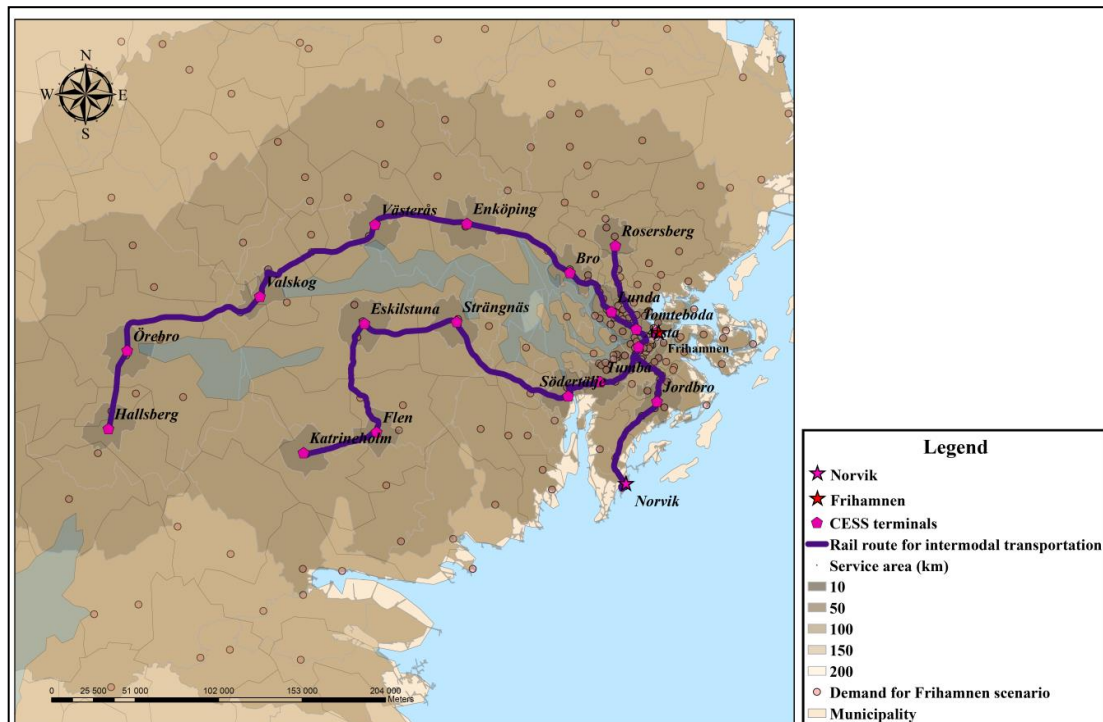
Även i intermodala scenarion jämfördes befintliga flöden till och från Stockholms frihamn med ett framtidsscenario, där hamnverksamheten flyttat till Norvik. Dock simulerades att alla flöden transporterades intermodalt, där närmaste existerande konventionella kombiterminal i regionen används för omlastning (se figur 23-26).



Figur 23. Flödesfördelning för Stockholms frihamn i scenariot för intermodala transporter med existerande konventionella kombiterminaler i regionen (Vasilevska, 2016)



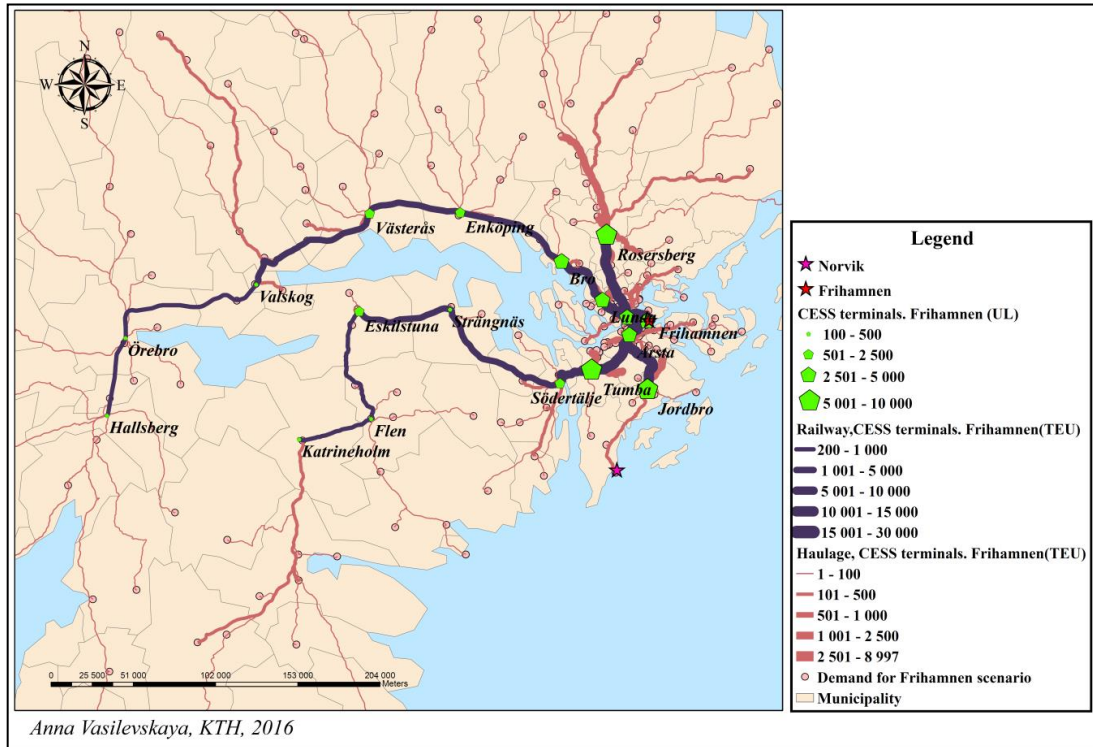
Figur 24. Jämförelse av serviceområden för intermodala transporter för Stockholms frihamn baserat på existerande konventionella kombiterminaler i regionen, med samt utan en kombiterminal i Västerås



Figur 25. Uppskattade serviceområden för intermodala transporter för Stockholms frihamn baserat på mindre kombiterminaler

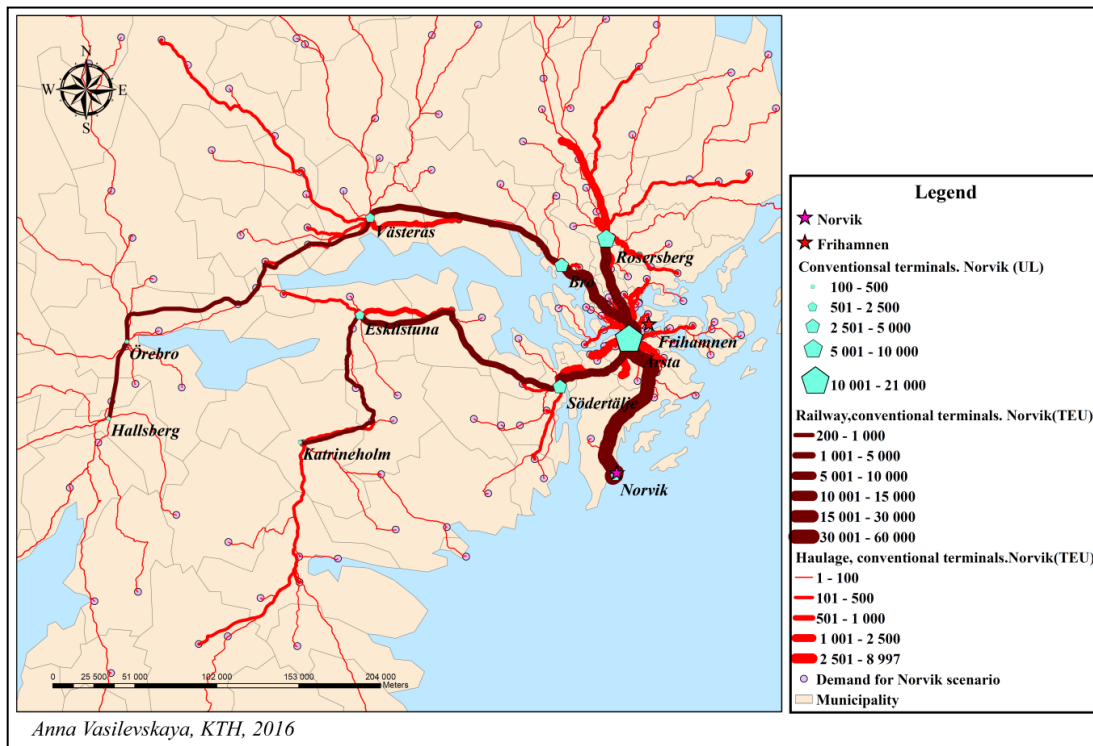
I examensarbetet jämfördes sammantaget följande alternativ (se figur 23-26):

- Containertransporter med lastbil till och från Stockholms frihamn
- Transporter till och från Stockholms frihamn med traditionella intermodala tåg och konventionell omlastningsteknik samt anslutningstransporter med lastbil
- Intermodala transporter till och från Stockholms frihamn samt omlastning med lättkombi- eller CESS-teknik samt anslutningstransporter med lastbil
- Containertransporter med lastbil till och från Norvik med dagens kvantiteter
- Transporter till och från Norvik med traditionella intermodala tåg och konventionell omlastningsteknik samt anslutningstransporter med lastbil
- Intermodala transporter till och från Norvik samt omlastning med lättkombi eller CESS-teknik samt anslutningstransporter med lastbil

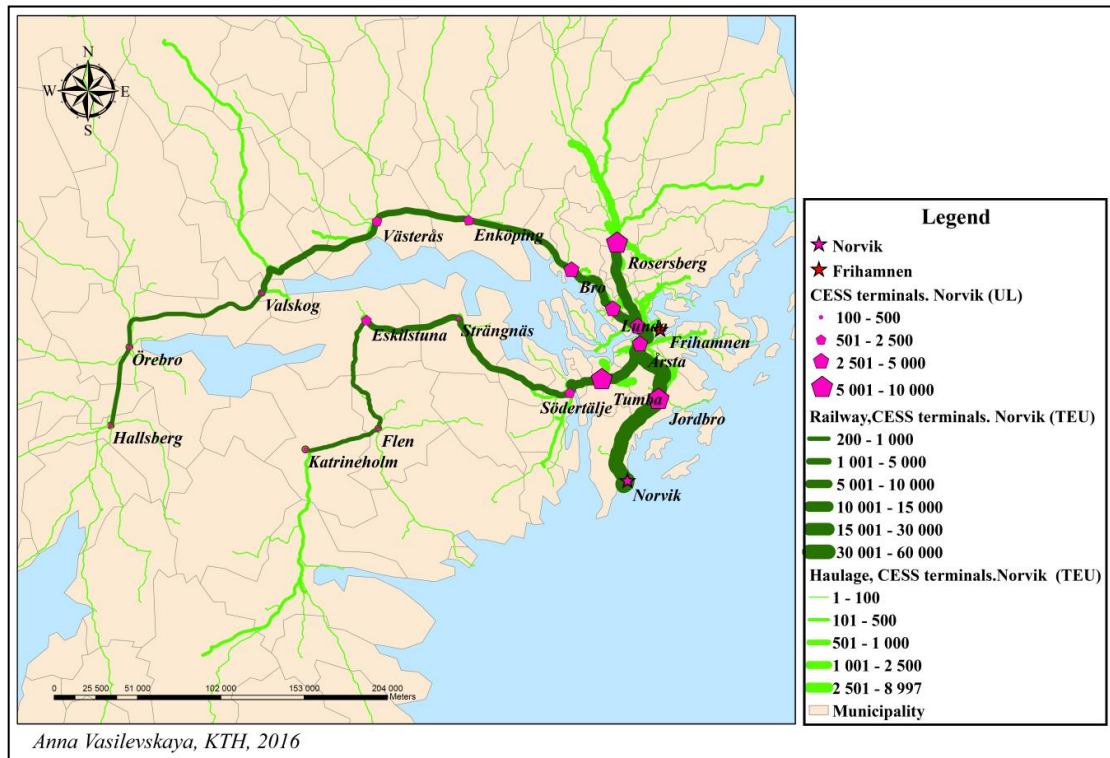


Figur 26. Flödesfördelning för Stockholms frihamn i scenariot för intermodala transporter med små kombiterminaler (CESS-terminaler)

Effekter av ett framtidsscenario, när verksamheten i Stockholms frihamn har flyttats till Norvik, samtidigt som regionala intermodala transporter har etablerats vid de existerande konventionella kombiterminalerna i regionen respektive vid nya små kombiterminaler (CESS-terminaler) har även visualiserats (se figur 27 och 28).

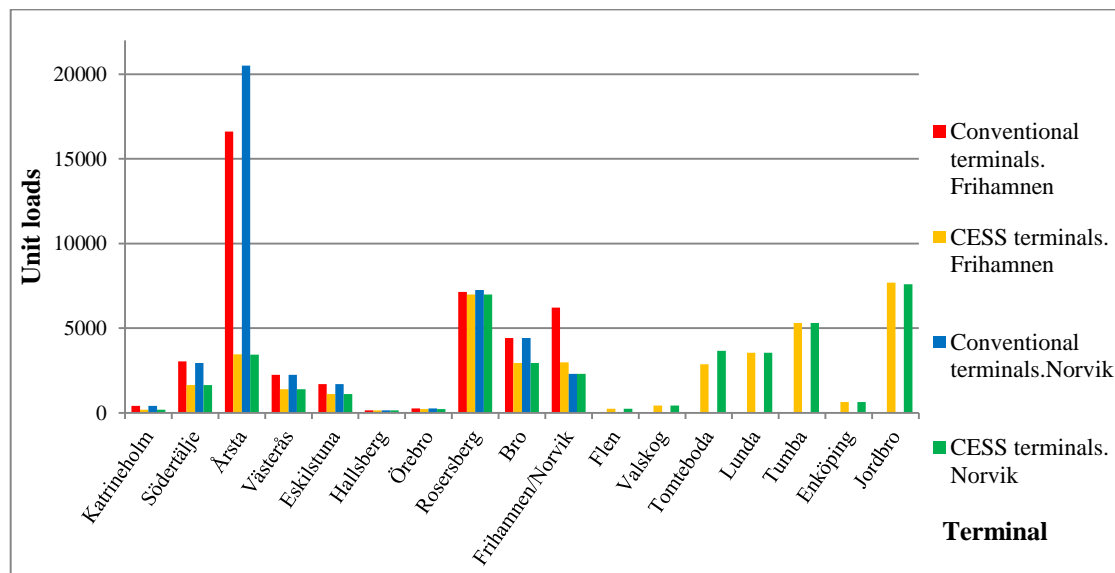


Figur 27. Flödesfördelning för Norvik i scenariot för intermodala transporter med konventionella kombiterminaler



Figur 28. Flödesfördelning för Norvik i scenariot för intermodala transporter med små kombiterminaler (CESS terminaler)

Simuleringar av terminalomsättning för de olika scenarierna, med konventionella terminaler för Stockholms frihamn och Norvik visar en mindre både jämn och rationell distributionskapacitet (se figur 29).



Figur 29. Terminalomsättning för olika scenarion (antal lastbärare) (Vasilevskaya, 2016)

En jämförelse av simuleringsresultat mellan CESS-terminaler och konventionella terminaler visar, för både fallen med Stockholms frihamn och Norvik, att Cess-terminaler resulterar i en jämnare fördelning av flödena, vilket medför kortare transportavstånd samt en högre belägningsgrad på tågen. Därmed uppnås även ett mindre transportarbete för alternativet med CESS-terminaler (se tabell 16).

Tabell 16. Simuleringsresultat för intermodala scenarion

Stockholms frihamn (Frihamnen)												
	Totalt				Mälarslingan				Hamnskyttel (Rosersberg – Frihamnen)			
Konventionella terminaler	Avstånd (km)	Lastbärare	TEU	TEU-km (för alla delsträckor)	Avstånd (km)	Lastbärare	TEU	TEU-km (för alla delsträckor)	Avstånd (km)	Lastbärare	TEU	TEU-km (för alla delsträckor)
Järnväg	1 001	-	53 919	2 227 299	964	-	42 819	1 829 249	36	-	11 100	398 050
Väg	26 588	-	62 834	1 057 338	24 758	-	51 734	886 423	1 830	-	11 100	170 914
Omlastning	-	42 168	-	-	-	35 022	-	-	-	7 146	-	-
Summa:	27 589	42 168	116 753	3 284 637	25 722	35 022	94 553	2 715 672	1 866	7 146	22 200	568 964
Norvik												
	Totalt				Mälarslingan				Hamnskyttel (Rosersberg – Norvik)			
Konventionella terminaler	Avstånd (km)	Lastbärare	TEU	TEU-km (för alla delsträckor)	Avstånd (km)	Lastbärare	TEU	TEU-km (för alla delsträckor)	Avstånd (km)	Lastbärare	TEU	TEU-km (för alla delsträckor)
Järnväg	1 453	-	59 153	5 348 110	1 357	-	47 915	4 274 772	96	-	11 238	1 073 338
Väg	26 518	-	62 834	1 064 865	24 654	-	51 596	889 270	1 864	-	11 238	175 595
Omlastning	-	42 168	-	-	-	34 906	-	-	-	7 262	-	-
Summa:	27 971	42 168	121 987	6 412 975	26 011	34 906	99 511	5 164 042	1 960	7 262	22 476	1 248 933
	Totalt				Mälarslingan				Hamnskyttel (Rosersberg – Norvik)			
CESS-terminaler	Avstånd (km)	Lastbärare	TEU	TEU-km (för alla delsträckor)	Avstånd (km)	Lastbärare	TEU	TEU-km (för alla delsträckor)	Avstånd (km)	Lastbärare	TEU	TEU-km (för alla delsträckor)
Järnväg	2 391	-	59 153	4 928 541	2 199	-	30 818	3 138 201	191	-	28 335	1 790 340
Väg	25 343	-	62 834	660 980	23 104	-	30 818	430 158	2 239	-	32 016	230 823
Omlastning	-	42 168	-	-	-	21 846	-	-	-	20 322	-	-
Summa:	27 734	42 168	121 987	5 589 521	25 303	21 846	61 636	3 568 359	2 430	20 322	60 351	2 021 163

Ekonomiska jämförelser visar, för scenariot med Stockholms frihamn, att kostnaderna vid användning av konventionella terminaler blir nästan dubbelt så höga (ökning med 96 %) jämfört med ett alternativ med direkta lastbilstransporter (se tabell 17).

 Tabell 17. Totala kostnader och CO<sub>2</sub>-utsläpp för scenariot med Stockholms frihamn

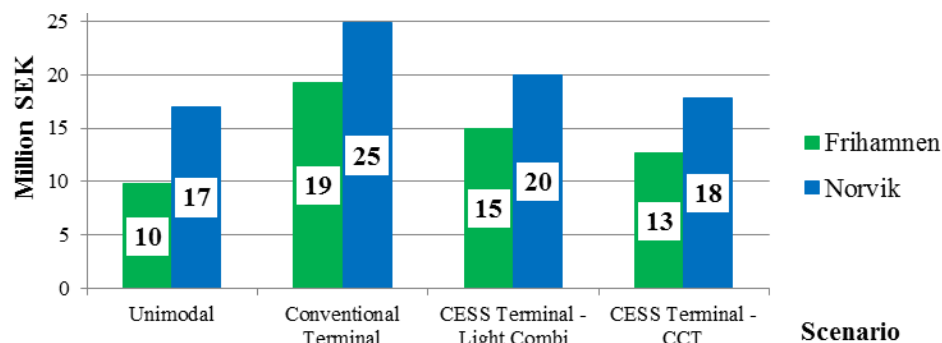
	Mälarslingan	Hamnskyttel (Rosersberg – Stockholms frihamn)	Mälarslingan och hamnskyttel	Index
<b>Direkt lastbilstransport</b>				
Total kostnad (kr)	-	-	9 773 676	100
Totala CO <sub>2</sub> -utsläpp (kg)	-	-	753 969	100
<b>Konventionell kombiterminal</b>				
Total kostnad (kr)	15 121 772	4 077 778	19 199 550	196
Totala CO <sub>2</sub> -utsläpp (kg)	426 903	84 232	511 135	68
<b>CESS terminal – Lättkombi</b>				
Total kostnad (kr)	7 457 646	7 434 221	14 891 867	152
Totala CO <sub>2</sub> -utsläpp (kg)	173 333	103 204	276 537	37
<b>CESS terminal – CCT</b>				
Total kostnad (kr)	6 183 367	6 473 596	12 656 963	130
Totala CO <sub>2</sub> -utsläpp (kg)	139 672	77 829	217 501	29

Skillnaderna minskar om CESS-terminaler införs, med 52 % ökning för lättkombi och 30 % ökning för CCT. Åtgärder som kan underlätta en implementering av regionala intermodala transporter är marknadsanalyser för potentiella intressenter i regionen, en korrekt lokalisering av små hållplatser för gods samt upprättande av ett regelverk för godstransportmarknaden som är fördelaktig för intermodala transporter och möjliggör att överträdelser kan beivras. Om sådana åtgärder vidtas förväntas det intermodala alternativet bli mer konkurrenskraftigt i jämförelse med direkta lastbilstransporter.

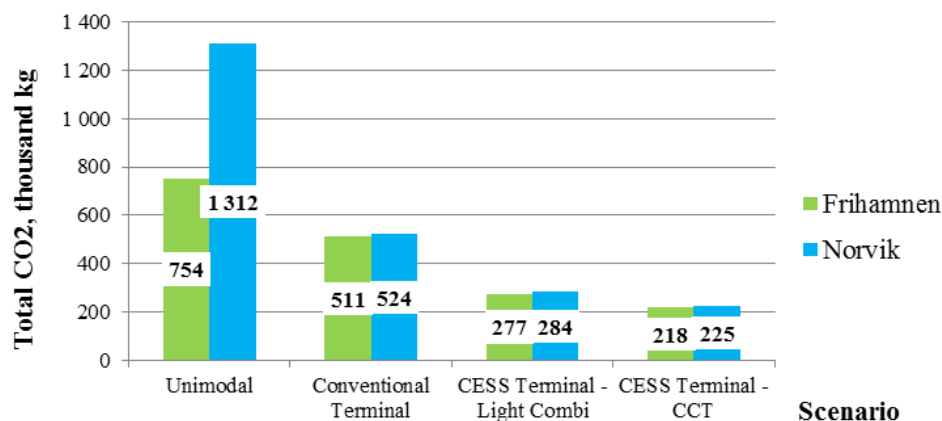
CO<sub>2</sub>-utsläppen som genereras i de intermodala scenarion är betydligt lägre än vid direkta lastbilstransporter, vilket är ett argument för en överföring till ett intermodalt alternativ. Ett upplägg med konventionella terminaler bidrar till 32 %, lättkombi till 63 % och CCT till 71 % minskning av CO<sub>2</sub>-utsläppen. För Norvikscenariot består de övergripande mönstren med högre transportkostnader men lägre CO<sub>2</sub>-utsläpp för de intermodala alternativen. Däremot bidrar de högre kostnader som uppstår för direkta lastbilstransporter till och från Norvik till följd av det ökade transportavståndet, till att ett scenario med intermodala CESS-terminaler, med CCT, kan bli konkurrenskraftigt. Detta eftersom kostnaden beräknas öka marginellt 4 %, samt medföra en betydande minskning av CO<sub>2</sub>-utsläppen med 83 % (se tabell 18). Kostnader respektive utsläpp av CO<sub>2</sub> för de båda scenariona har även åskådliggjorts i diagram (se figur 30 och 31).

Tabell 18. Totala kostnader och CO<sub>2</sub>-utsläpp för Norvik-scenariot

	Mälarslingan	Hamnskyttel (Rosersberg – Norvik)	Mälarslingan och hamnskyttel	Index
<b>Direkt lastbilstransport</b>				
Total kostnad (kr)	-	-	17 004 630	100
Totala CO <sub>2</sub> -utsläpp (kg)	-	-	1 311 786	100
<b>Konventionell kombiterminal</b>				
Total kostnad (kr)	18 207 459	6 679 475	24 886 934	146
Totala CO <sub>2</sub> -utsläpp (kg)	435 297	88 373	523 670	40
<b>CESS terminal – Lättkombi</b>				
Total kostnad (kr)	9 115 136	10 887 350	20 002 485	118
Totala CO <sub>2</sub> -utsläpp (kg)	175 251	109 010	284 261	22
<b>CESS terminal – CCT</b>				
Total kostnad (kr)	7 957 298	9 810 284	17 767 581	104
Totala CO <sub>2</sub> -utsläpp (kg)	144 667	80 559	225 226	17



Figur 30. Kostnadsjämförelse för Stockholms frihamn (Frihamnen) respektive Norviksscenario



Figur 31. Jämförelse av CO<sub>2</sub>-utsläpp för Stockholms frihamn (Frihamnen) respektive Norviksscenario

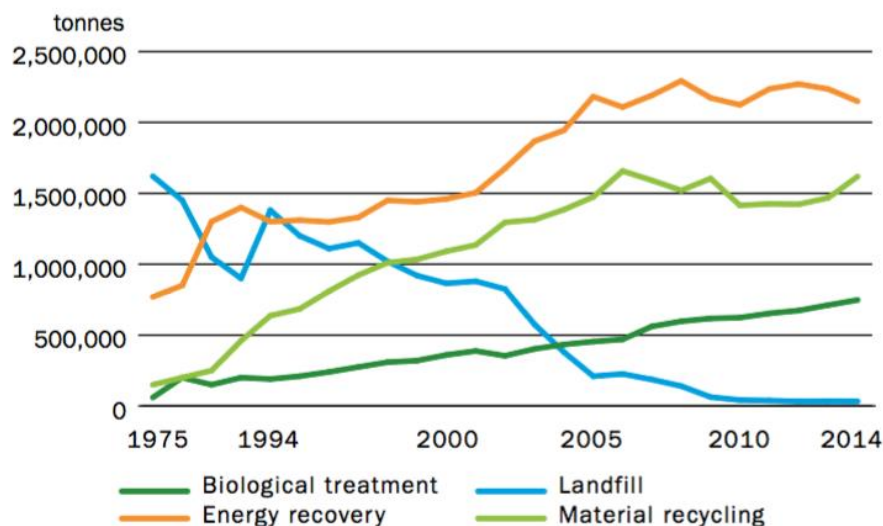
### 2.1.4 Avfall

För att få returflöden från godsmottagare, en jämnare beläggingsgrad för ett regionalt kombitransportsystem för gods samt för att bidra till en hållbar regional utveckling har förutsättningarna att koppla kombisystemet till noder för hantering av avfall undersökts. En närmare analys har utförts som ett examensarbete på magisternivå inom ramen för detta forskningsprojekt och har publicerats separat (Castellano et al, 2016). Examensarbetets övergripande syfte var att undersöka förutsättningarna för ett multimodalt transportsystem för avfallsflöden i Mälardalen samt att försöka beskriva avfallsmarknaden i regionen (Castellano, et al, 2016). Några centrala frågeställningar som studien försökte besvara angående avfallshanteringsprocessen i regionen var:

- Vilka är de krav som måste ställas på ett regionalt multimodalt transportsystem för att detta skall kunna implementeras?
- Vilka är för- respektive nackdelarna med att implementera ett regionalt multimodalt transportsystem?
- Hur väl förberett är Mälardalen för implanteringen av ett regionalt multimodalt godstransportsystem för avfallshandling?

#### Förutsättningar – Mälardalen

Inom Mälardalsregionen liksom i resten av landet, är Avfall Sverige den organisation som företräder majoriteten av de aktörer som är involverade i insamling och transport av avfall. Enligt Avfall Sverige återvinns mer än 99 % av hushållsavfallet på ett eller annat sätt, vilket innebär att Sverige har gått igenom en återvinningsrevolution under de senaste decennierna (Avfall Sverige, 2015). 1975 återvanns endast 38 % av hushållsavfallet (se figur 32).



Figur 32. Utveckling 1975-2014 gällande återvinning av avfall i Sverige (Avfall Sverige, 2015)

Varje bostadsområde måste tillhandahålla en återvinningsstation inom ett avstånd på 300 m. Sorteringen av avfallet sker främst i bostaden, där en stor del av befolkningen sorterar nästintill all återvinningsbart avfall och placerar det i särskilda behållare som tillhandahålls av hyresvärden alternativt lämnas avfallet vid en återvinningsstation. Få andra länder har en högre återanvändning av avfall och lämnar en mindre andel avfall på soptippar. I Sverige har förbränning setts som en lämplig metod för att utvinna energi och återvinna avfall. Under 2012 brändes mer än 2 250 000 ton hushållsavfall som omvandlades till energi.

I Sverige finns det 32 anläggningar som tillhandhåller värme för 810 000 hushåll och el till 250 000 privata fastigheter (Avfall Sverige, 2015). I Storstockholmsområdet finns avfallshanteringsanläggningar lokaliserade på flera platser (se figur 33).



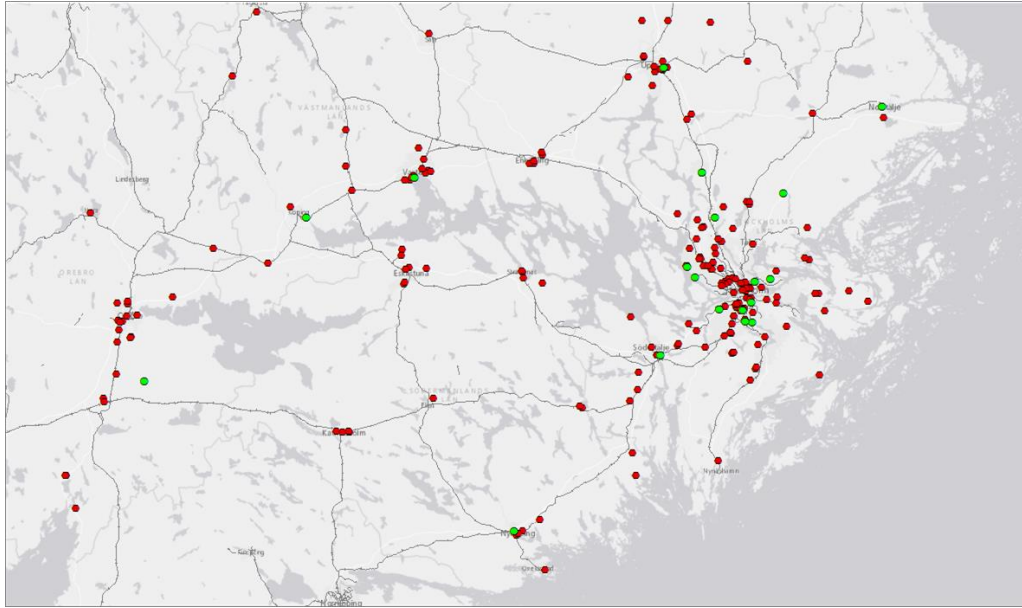
Figur 33. Lokalisering av avfallshanteringsanläggningar inom Storstockholm (Stockholms Stad, 2013)

### Analys – Mälardalen

Den kvalitativa analysen i denna studie indikerar att Mälardalen står inför en svår utmaning vid en etablering av ett multimodalt transportsystem för avfall. Det aktuella tillståndet för avfallskedjan och den multimodala infrastrukturen är inte anpassad för genomförandet. Detta beror främst på att återvinningssystemet i regionen är starkt decentraliserat med undantag av förbränningsanläggningar som är av stort format.

Flera av återvinningsanläggningarna är dock små och deras transportefterfrågan är icke kontinuerlig, således anses de inte lämpliga som noder för transporter med inlandsvattenvägar och järnvägstransporter (Castellano et al, 2016). De återvinnings- och förbränningscentraler som finns i regionen och som eventuellt kan kopplas samman med ett regionalt kombitransportsystem för gods har kartlagts (se figur 34).





Figur 34. Lokalisering av återvinningscentraler (rött) och förbränningsanläggningar (grönt) inom Mälardalen (Kordnejad, 2016)

Ur ett tekniskt och ekonomiskt perspektiv skulle en isläggning av Mälaren innebära en betydande nackdel för de vattenburna transporterna. Detta äventyrar trafiken under vintersäsongen och kan förhindra en normal aktivitet under upp till 6 månader. För att undvika inaktivitet måste isbrytare användas, vilket medför ökade kostnader och en minskning av effektiviteten på grund av förmodade navigationssvårigheter (för en detaljerad beskrivning av sjöfart vintertid se avsnitt 2.3.4 – *Vinter- och issjöfart*).

Regionala järnvägstransporter påverkas inte i lika hög grad av vinterproblematiken men däremot av kostnads- och logistikrelaterade problem. Exempelvis är det ofta nödvändigt med matartransporter på väg (*sista milen-transport*). Järnvägens skalfördelar medför också att det ställs krav på stora godsmängder, samtidigt som trafikeringsfrekvensen kan bli för låg. Andra problem som kan uppstå är höga initiala investeringskostnader samt inflexibilitet i tidplaneringens anpassningsförmåga. Detta är särskilt bekymmersamt för avfallsflöden där noderna är utspridda och där det är långt till järnvägens omlastningsterminaler. Emellertid finns några fall av storskaliga multimodala transportsystem för avfall i drift. Dessa har dock en bättre koppling mellan infrastrukturen för järnvägen och den för avfallshanteringen samt har större och mer kontinuerliga flöden som bas. Några internationella exempel återfinns bland annat i Japan, Frankrike, Storbritannien och USA.

## Japan

Historiskt har järnvägen i Japan haft en stark ställning på godstransportmarknaden för långväga transporter av industriprodukter och livsmedel, där 60 % av transporterna utförs med 12 fots standardiserade containrar. Det finns även exempel på multimodala transporter som utförs på kortare sträckor i tätbefolkade storstadsområden.

Staden Kawasaki var en av de första platserna i Japan som implementerade ett multimodalt transportsystem för avfall (se tabell 19). I detta system transporteras avfall från den norra delen av staden, från godsterminalen Kajigaya, med hjälp av specialutformade containrar till Sueshiro järnvägsstation, 23 km därifrån. Slutligen transporteras avfallet med lastbil till nästa återvinningsstation, Ukishima. Jämfört med det tidigare systemet med lastbilstransporter uppskattas det multimodala systemet ha lett till en årlig besparing på 200 miljoner yen (Nemoto et al, 2006).

Tabell 19. Avfallsflöden i Kawasaki City (Nemoto et al, 2006)

Avfallsflöden	Kapacitet per container (ton)	Antal containrar per dag	Containerägare
Allmänt hushållsavfall	10	19	Kawasaki City
Avfall från större hushåll	5	20	Kawasaki City
Förbränningsaska	10	20	Kawasaki City
Burkar	5	10	Freight carrier
Flaskor	5	10	Japan Railway Freight

Denna implementering medförde en halvering av antalet lastbilar jämfört med tidigare och bidrog till ökad aktivitet vid godsstationerna, vilket i sin tur ledde till en högre lönsamhet för Japan Railway Freight Company (JRFC). De villkor som tillät detta genomförande var:

- Ett avfallsflöde med tillräckligt stora volymer samt en i tidschemat inbyggd anpassningsförmåga
- Att järnvägsinfrastrukturen redan fanns på plats och var lämplig för projektet
- Nyinvesteringar kunde dra nytta av stöd och subventioner från miljö- och energimyndigheter
- JRFC var intresserade av att öka aktiviteten vid godsstationerna

I Japan har sjöfarten en stor betydelse för de inrikes godstransporterna, både avseende transporter längs kuster och på floder. Men det är en stabil marknad som inte ökar, bland annat eftersom utbudet är begränsat och verksamheten drivs av privata aktörer (hög initial investering som krävs av nya företag, främst när det gäller fartygsförvärv).

I Arakawa-floden och dess filialfloder har ett avfallstransportsystem implementerats av Tokyo Metropolitan Government (TMG) med hjälp av pråmar som samlar antingen bulk gods eller containrar från 5 insamlingsplatser och sedan transporterar dem vidare till en återvinningsstation. Införandet av detta system möjliggjordes huvudsakligen av följande faktorer:

- Stark vilja hos TMG att minska trängseln på vägarna
- Goda farbara förhållandena längs Arakawafloeden
- Gynnsam placering av godsstationer i förhållande till noder för avfallshantering

Japans subventionspolitik är sparsam avseende logistikprojekt och är huvudsakligen koncentrerad till subventioner genom ett program som benämnt Green Logistics Partnership Conference. Syftet är att främja minskning av CO<sub>2</sub>-utsläpp genom samverkan mellan varuägare och logistikoperatörer. Staten deltar också i vissa specifika projekt genom att subventionera en del av dessa, för att på så vis få till stånd en överflyttning av gods från väg till multimodala transporter.

## Frankrike

Ett franskt fall är av intresse för denna studie då förutsättningarna för överflyttning till multimodala transporter från direkta lastbilstransporter är likartade de i Sverige. Till exempel, måste båda länderna uppfylla EU-direktiv och båda har ett intresse av att minska CO<sub>2</sub>-utsläppen från transportsektorn och minska trängseln på vägarna runt storstäderna.

Det finns emellertid inte tillräckligt med information att tillgå om järnvägsbaserade multimodala avfallstransportsystem i Frankrike. Däremot finns det flera initiativ och projekt med multimodala godstransporter i stadsmiljöer.

Ett intressant franskt exempel är logistikkedjan Monoprix, som använder en ombyggd järnvägsterminal i Paris, för att undvika lastbilstransporter från sina logistikcentra utanför staden. Vidare används naturgasdrivna (CNG) lastbilar för transporter till butikerna (*sista kilometern*). Liknande upplägg kan vara tänkbara även i Stockholm, med förslagsvis Tomtebodas bangård (en ombyggd järnvägsterminal) som brytpunkt för citydistribution. Monoprix terminal trafikeras av järnvägsoperatören Samada varje arbetsdag med ett tågsätt som har en kapacitet som motsvarar 16 till 18 lastbilar. Detta upplägg kan leda till en ökning av transportkostnader, men även en minskning när det gäller utsläpp av CO<sub>2</sub> och trafikstockningar. Denna lösning innebär också att beroendet av vägtransporter minskar vilket medför att trafikstockningarna på Paris infartsvägar kan undvikas och att leveranskedjans tillförlitlighet därmed kan öka (Taniguchi et al, 2013).

Trenden i Paris är att bygga nya multimodala terminaler och bygga om befintliga järnvägsterminaler. Ett exempel på detta är den nya terminalen (Chapelle International) som byggs av SCNF Immobilier. Terminalen beräknas få en kapacitet motsvarande 48 000 lastbilar, vilket minskar köer i Ile-de-France, samt medför en minskning med mer än 40 % av koldioxidutsläppen (SNCF, 2014).

Det finns även exempel på multimodala transporter av avfall med användning av inre vattenvägar. I området Hauts-de-Seine i västra Paris finns ett uppsamlingsystem för avfall längs en 20 km lång sträcka längs floden där ca 300 000 ton grovavfall och återvunna varor transporteras. Pråmen angör bryggor och lastas med avfallsmaterial av privatpersoner och företag längs rutten. Systemet beräknas ha lett till en minskning av CO<sub>2</sub>-utsläpp med cirka 30 % (Taniguchi et al, 2013).

Ett projektinriktat exempel, var bygget av Croix Rousse-tunneln i centrala Lyon, där byggavfall, under 2011, transporterades bort med pråmar av operatören Compagnie Fluviale de Transport. Godsmängden uppgick till 6 000 ton/vecka och med en pråm på 2 200 ton motsvarade detta 500-600 lastbilstransporter, vilket beräknades ha medfört en minskning av CO<sub>2</sub>-utsläppen med 75 %, eller en besparing på 400 000 liter diesel (se figur 35). Även om inte avfallstransporter berörs är det intressant att nämna Vokolis pråmtrafik i Paris, som används för transporter av paket upp till 10 kg.

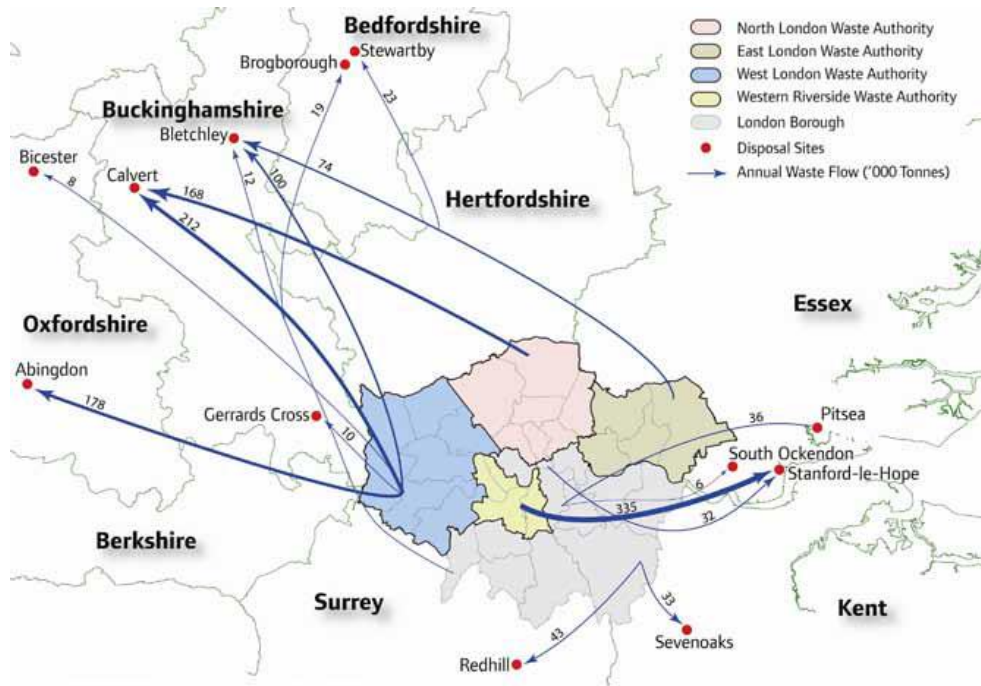


Figur 35. En pråm med 2 200 tons kapacitet utnyttjades för bortforsel av byggavfall i Croix Rousse tunneln i centrala Lyon (Free.fr, 2008)

Fransk subventionspolitik är starkare än den Japanska motsvarigheten. Flera av de projekt som nämnts är helt eller delvis finansierade av myndigheter. Exempelvis ger den franska staten bidrag baserat på antalet multimodala containerenheter som lastas om vid en terminal samt erbjuder en minskad beskattning av transporter som sker inom ett multimodalt ramverk.

## Storbritannien

I egenskap av europeisk huvudstad har London många problem och förutsättningar gemensamma med Stockholm, såsom europeiska ramlagar, infrastruktur för järnväg och vattenvägar samt trängselproblematik. Därför är det intressant att som fallstudie analysera avfallstransporter i Londonregionen eftersom både järnvägar och vattenvägar används för dessa transporter (se figur 36/Figur 36).



Figur 36. Rutter för hanteringen av Londons kommunala avfall (Greater London Authority, 2011)

Ett multimodalt system som kombinerar väg- och järnvägstransporter har varit i drift sedan 1977 i västra Londonregionen, och står för 315 000 ton avfall varje år från tre överföringsstationer i stadens centrala delar: Victoria Road Waste Transfer Station, Brent Transfer Station och Transport Avenue Waste Transfer Station. Avfallet tippas i bunkrar i en tippshall, lastas och komprimeras därefter i containrar med cirka 12 tons kapacitet som slutligen lastas på järnväg. Tågen i systemet har en kapacitet på ca 1 000 ton avfall per avgång och har upp till 4 avgångar i veckan (West London Waste Authority, 2016). Behållarna hanteras med antingen gaffeltruckar, reach-stackers eller portalkranar och lastas på pråmar, tåg eller lastbilar. Exempelvis används portalkranar för att hantera de containrar som lastas vid Hendon överföringsstation (se Figur 37).



Figur 37. Omlastning av containrar med avfall (Transport for London, 2008)

Pråmar har historiskt använts för att transportera varor i London, via Themsen eller någon av de kanaler som passerar genom staden. Ett exempel är att 70 000 ton papper årligen transporteras med hjälp av pråmar från Park Royal till Maidenhead. Detta har medfört 8 750 färre lastbilstransporter per år med minskad trängsel på vägarna samt lägre CO<sub>2</sub>-utsläpp som följd (Nemoto et al, 2006).

## USA

I motsats till de tidigare exemplen, finns det i USA fortfarande en större preferens för deponier än förbränningsanläggningar. En annan faktor är att transportavstånden är större än i Europa. En trend är dock att minska andelen vägtransporter och övergå till alternativa transportslag (se tabell 20).

Tabell 20. Trafikslagsfördelning för hanteringen av avfall i New York stad (Richardson, 2015)

Trafikslag	Nuvarande andel	Målbild
Järnväg	32 %	41 %
Upphämtande lastbil	23 %	12 %
Lastbil för fjärrtransport	45 %	0
Sjöfart	0	42 %

Ett exempel på denna utveckling är att 510 000 ton avfall per år transporteras från Seattle till Columbia Ridge Deponi vilken är belägen i norra Oregon, 510 km från Seattle. För att transportera detta avfall avgår 5 tågsätt varje vecka (Seattle Government, 2003).

Ett annat exempel är hämtat från Los Angeles, där det byggs en multimodal transport- och hanteringsanläggning, Puente Hills Multimodal Facility, (i Los Angeles County) för att förflytta avfall, från staden Los Angeles, till en regional deponi vid Mesquite, inom Imperial County (se figur 38). Anläggning byggs för att kunna hantera 8 000 ton per dag, men inledningsvis kommer halva kapaciteten att utnyttjas. Ett tåg avgår dagligen och ersätter 182 lastbilar och bidrar därmed till en minskning av reaktiva organiska gaser med 90 % och kväveoxiderna med 75 % (WasteByRail, 2016).



Figur 38. Järnvägstransporter av avfall mellan Los Angeles och ett deponiområde i Imperial County (WasteByRail, 2016)

## Slutsatser – multimodala avfallstransporter

De viktigaste faktorerna avseende genomförbarhet för multimodala avfallstransporter i europeiska och japanska sammanhang kan sammanfattas enligt följande:

- Belastat vägnät
- Befintlig multimodal infrastruktur
- Terminaler med låg utnyttjandegrad
- Lokalisering och centralisering av avfallsanläggningar
- Subventioner från myndigheter
- Ambitioner att minska miljöpåverkan samt att effektivisera logistiken från både den offentliga och den privata sektorn

Det är också mycket viktigt att i regionala utvecklingsplaner ta hänsyn till både hushållens och industrins avfallshantering. Av särskild stor vikt är en lokalisering av avfallshanteringsanläggningar i närheten av den multimodala infrastrukturen samt centraliseringsgraden av avfallhanteringssystemet i sin helhet. Detta kommer att möjliggöra ett mer effektivt transportsystem för avfallshanteringen och att nya multimodala möjligheter kan skapas. Då dessa förutsättningar är en utvecklingstrend i Europa samt på grund av de stora volymer av avfall som förflyttas inom Sverige och i synnerhet i Mälardalsregionen, bör samhällsplanerare ta hänsyn till dessa faktorer.

För att ett multimodalt system skall anses genomförbar måste decentralisering av avfallshanteringsanläggningar ändras till en mer centraliserad organisation med tonvikt på platser nära multimodala terminaler med omlastningsmöjligheter. Även den kapillära järnvägsinfrastrukturen är viktig i detta sammanhang. Tyvärr anses ett liknande upplägg som det i London inte vara lönsamt i Mälardalsregionen då systemet kräver en storskalighet för att nå optimala prestanda. Ytterligare ökning av kostnader för fossila bränslen anses dock bidra till att öka konkurrenskraften i framtiden.

Då investeringskostnaderna för multimodal omlastning är höga, skulle stöd till initiala investeringar öka benägenheten för företag att införa systemet. Processen kommer dessutom att leda till internalisering av externa kostnader för utsläpp och minskad trängsel på vägarna. En minskning av externa kostnader är den viktigaste faktorn som motiverar genomförandet multimodala transporter. För att genomförandet av ett regionalt multimodalt transportsystem för avfall ska kunna förverkligas i Mälardalen, rekommenderas i studien följande åtgärder (Castellano et al, 2016):

- Centralisering av etablering av storskaliga avfallsbehandlingsanläggningar
- Bättre samband mellan multimodal infrastruktur och avfallshanteringsanläggningar
- Regionala utvecklingsplaner som inkluderar avfallsplanering
- Mer engagemang för implementering av multimodala transporter från företag och kommuner
- Internalisering av externa faktorer (med fokus på utsläpp och minskad trängsel på väginfrastrukturen)
- Ökad kostnadseffektivitet för multimodala transporter

### 2.1.5 Sammanställning av intervjuer

En svårighet förelåg i att samla in underlag för en sammanställning av import- och exportflöden avseende de aktörer som medverkade i studien och deltog i intervjuer. Det insamlade underlaget visade emellertid att importflödet var 4 gånger så stort som exportflödet, det vill säga att det utgjorde 80 % av det totala in- och utgående flödet.

Importflödet består till stor del av olika slag av högvärdigt gods. Exportflödet utgörs till största delen av papper och stål samt masa.

Huvuddelen av det importgods som anländer till regionen i containrar ankommer antingen via hamnar inom regionen, såsom Helsingborg och Malmö, eller anländer med lastbil eller på järnväg från Göteborg. De vanligaste lastbärarna är containrar i storlekarna 20 och 40 fot samt 40 fot *high cube*. Dagligvaror kommer dock till stor del in via Skåne, Trelleborg, Helsingborg och till viss del Malmö (Kellgren, 2015).

### Sjötransporter

Transportköparna uppges vara pressade av de ledtidförändringar som föranletts av att rederierna förlängt fartygens gångtider för att spara bränsle under oceantransporterna, och inneburit 15 dagar längre transporttider mellan Asien och Europa. Detta har även medfört att vissa rederier prioriterat direktlop till Göteborg med oceanfartyg före sjötransporter till ostkusten (Schleyer, 2015). Detta kan ställas i relation till att den totala mängd enhetslastat gods som hanterades i de svenska hamnarna ökade med i storleksordningen 12 %, under 2005-2014 (Sveriges Hamnar, 2016). Under denna period låg den i Göteborgs Hamn hanterade godsmängden på en konstant nivå, kring 1 miljon TEU/år, vilket innebar att hamnens andel av den totala godsmängden minskade.

De mest tidskänsliga kunderna överväger även alternativet järnvägstransporter från Kina till Europa (Schleyer, 2015). I Europa anländer dessa transporter till Polen och Tyskland efter passage av Kazakstan och södra Ryssland. Detta alternativ är cirka 20 dagar snabbare än en fartygstransport, men är dyrare. En utökad järnvägstrafik från Kina till Centraleuropa förmodas även medföra en ökad trafik till ostkusthamnarna.

Det finns en påtvingad acceptans mot längre ledtider för containerlastat gods och kunderna har anpassat sig efter dessa. Därför är det viktigt att ta igen så mycket tid som möjligt under de regionala transporterna, vilket är svårt då dessa redan är tidsoptimerade (Olsson, 2015). Från regionala terminaler distribueras godset främst med lastbil till slutmottagarna. Distributionsavståndet med lastbil uppgår till cirka 100 km från terminal eller hamn. Några större koncentrationer av flöden kan inte skönjas utan transporterna går i olika riktningar inom en radie av 100 km (Bååt, 2016).

De viktigaste parametrarna vid transportköp är priset följt av tillförlitlighet och frekvens. Miljöaspekten rankas lägre och är svår att sälja in framför ökad ledtid. Däremot är det vanligare att kunderna efterfrågar utsläppsberäkningar och får mer och mer detaljerad insyn i transportkedjan (Olsson, 2015). Allmänt gäller att en sjötransport är det miljövänligaste transportalternativet som erbjuds på marknaden. Intresset för ett ännu miljövänligare transportalternativ är lågt (Olsson, 2015). *Hållbarhetskriterier* är en aspekt som blivit mer och mer uppmärksammas de senaste 10 åren, och delvis även mer efterfrågad av transportköparna. Däremot verkar det inte finnas någon betydande betalningsvilja hos kunderna (transportköpare som slutkund) för miljövänligare transporter. Detta är ett av de främsta hindren för transportörer att göra investeringar i mer hållbara transportlösningar idag (Viert et al, 2012).

Hanteringen av tomcontainrar går till så att så snart en container lossats återlämnas den tomma containern till den terminal eller hamn där den kom in. Det är rederierna som kontrollerar till vilken terminal eller hamn en lossad container ska returneras (Dankic, 2016). Rederierna försöker att i största möjliga omfattning förflytta tomcontainrar så att de går ut via samma hamn de kommit in. Även den tidsperiod containern används för landtransport kontrolleras av rederierna (Dankic, 2016). Om containrar bryts (strippas) eller omlastas utförs detta ofta av en tredjepartsaktör i Göteborg. Flertalet containrar landtransporteras dock obrutna (Kellgren, 2015).

Omloppstiden för en container är i Sverige 3-7 dagar fritt men rederierna är oftast generösa och det är sällan problem att öka den tiden till 10-14 dagar. Däremot kan det bli problem om tiden överstiger 21 dagar (Kellgren, 2015).

Sjöfartens nackdel är oftast att den inte kan erbjuda tillräckligt frekventa avgångar. En avgång i veckan är vanligen inte tillräckligt. Det bör finnas minst två avgångar per vecka (Froste, 2016). Idag är en sjötransport cirka 20 % billigare än en vägtransport. Trots detta är det ändå svårt för sjötransporten att konkurrera med vägtransporten på grund av att den inte kan utföras lika frekvent. Ökas frekvensen och antalet avgångar blir det däremot svårare att fylla fartygen (Hjalmarsson, 2016).

### Distributions- och lageranläggningar

Stora företag har ofta distributionslager/centraler dit varor levereras innan de distribueras vidare. Bland annat beroende av höga markpriser i Stockholm, samt att lager konkurrerar om utrymme med bostäder och andra verksamheter. Lagren blir färre och flyttas ut i Mälardalen, från Stockholmsområdet. Exempelvis har H&M etablerat ett centrallager i Eskilstuna dit varorna ankommer från Göteborg med lastbil eller tåg (Bernhardsson, 2016). Varorna distribueras sedan med lastbil, ofta till mindre omlastningspunkter (hubbar), varifrån de transporteras vidare till butikerna.

## 2.2 Bulk- och bränsletransporter i Mälaren

I Mälaren förekommer omfattande och regelbundna bulktransporter vilka emellertid ligger utanför avgränsningarna för denna studie, men ändå är av intresse att beskriva eftersom det är dessa som till stor del skapar underlag för Mälarens sjötrafiksystem. Betydande varuslag är bränslen, bland annat petroleumprodukter, byggmaterial såsom cement, samt även spannmål, vilka kommer att översiktligt beskrivas i denna rapport.

### 2.2.1 Fordonsbränslen och petroleumprodukter

Transporter av flytande bränsle sker i huvudsak som inrikes kustsjöfart till stor del från raffinaderier på Västkusten, såsom Preemraff i Brofjorden, utanför Lysekil, samt 3 anläggningar i Göteborg. Vidare förekommer transporter över Östersjön från bland annat södra Finland. Transporterna sker med produkttankers avpassade för trafik i Östersjön och därav följande isklassning (Svensk-finsk isklass 1). Fartygen bedöms även vara väl anpassade till de krav det kustsjöfartsbaserade logistiksystemet ställer.

De stora oljebolagen har depåer för petroleumprodukter i Stockholm (Loudden), i Nacka (Bergs oljehamn), Södertälje samt i Västerås (se tabell 21). Till dessa depåer anländer petroleumprodukterna främst med fartyg. I depåerna sker även mellanlagring och från dessa utförs distribution i tankbilar, exempelvis till bensinstationer. Detta medför att det årligen skeppas 500 000 ton petroleum och annat flytande bränsle på Mälarens vatten till Västerås. Relaterat till ett, för sjöfarten på Mälaren representativt produkttankfartyg med en kapacitet på 4 000 ton, motsvarar denna kvantitet 125 fartygsanlöp per år i Västerås, eller 2-3 anlöp per vecka.

Tabell 21. Hanterade godsmängder (volymer) i oljedepåer (Axiö, 2016)

Anläggning	Kommun	Vattendrag	Hanterad kvantitet 2015 (ton)
Bergs oljehamn	Nacka	Saltsjön/Östersjön	1 000 000
Loudden	Stockholm	Lilla Värtan/Östersjön	400 000
Södertälje	Södertälje	Hallsfjärden/Östersjön	500 000
Västerås	Västerås	Mälaren	500 000
Summa			2 400 000



Bergs oljehamn och Loudden (intill Stockholms frihamn) avses vara avvecklade senast 2020 (Axiö, 2016). En avsikt är att detta kapacitetsbortfall skall kompenseras med en utbyggnad av oljehamnen i Södertälje, till en kapacitet på 2 200 000 ton.

Flytande bränsle är en typ av gods som ofta fraktas med inlandssjöfart i Centraleuropa och som skulle kunna transporteras med inlandsvattenfartyg även på Mälaren. I en studie framlades därför förslag på hur ett logistikupplägg, för transport av flytande bränslen på Mälaren med hjälp av inlandsvattenfartyg, skulle kunna utformas och drivas (Axiö, 2016). Studien utgår från ett scenario där bränsledepåerna vid Loudden och Berg i Nacka läggs ner och att bränslet istället tas in till Södertälje Hamn. Från Södertälje bedömdes det finnas potential att transportera en del av bränslet, 950 000 ton (omräknat), med inlandsvattenfartyg till de centrala delarna av Stockholm.

En ansats i denna studie var att försörja Bromma flygplats med 100 000 ton bränsle per år med hjälp av inlandsvattenfartyg som skulle utgå från Södertälje oljehamn, passera genom Södertälje kanal, och angöra en lossningsplats i Ulvsundasjön, vilken är en vik av Mälaren i gränsområdet mellan Stockholm, Solna och Sundbyberg.

## 2.2.2 Byggarvaror och torrbulkgods

Ett möjligt användningsområde för inlandsvattenfartyg är transporter av en del av det byggnadsmaterial som främst transporteras med lastbil inom Mälardalsregionen och i huvudsak direkt till byggarbetsplatserna. Exempel på byggmaterial är bland annat betongfundament, cement samt sand och grus.

### Cement

Cementa som ägs av Heidelberg cement har byggt upp ett omfattande sjöbaserat system för distribution av cement, från anläggningarna i Slite, på Gotland, samt i Degerhamn på Öland. I systemet ingår 3 produktfartyg som är avpassade för sjöfart på Östersjön samt de väder- och isförhållanden som där kan råda. I Mälardalen samt i Mälaren finns kajer och lagringsanläggningar (silon) i Bålsta (Kalmarsand), Köping, Liljeholmen i Stockholm samt Västerås (se tabell 22). Detta medför att det årligen skeppas 350 000 ton cement över Mälarens vatten till Bålsta, Köping och Västerås.

Tabell 22. Hanterade godsmängder vid cementdepåer i Mälaren

Hamn/anläggning	Ort/stadsdel	Hanterad årlig kvantitet 2015 – 2016 (ton)
Kalmarsand (Ekstrand, 2015)	Bålsta	30 000
Mälarhamnar (Andersson, 2016)	Köping	150 000
Lövholmen (Ekstrand, 2015)	Stockholm/Liljeholmen	400 000
Mälarhamnar (Andersson, 2016)	Västerås	170 000

I framtiden planeras depån i Kalmarsand/Bålsta att byggas ut till en kapacitet av 100 000 ton/år. Vidare kan Lövholmen komma att ersättas av en ny depå i Värtan.

### Andra byggarvaror

Vid Kalmarviken i Bålsta finns en tillverkare av byggmaterial, i form av gipsskivor, som via egen kaj mottar bulkmaterial för denna tillverkning motsvarande 40 000 ton/år (Intelligent Logistik, 2015). Ett intresse finns även av att öka denna trafik.

### Bygg- och anläggningstransporter

I Stockholm pågår flera stora nybyggnads- och anläggningsprojekt som ligger i direkt anslutning till vatten. Exempel är Norra Djurgårdsstaden, ombyggnationen av Slussen och etableringen av bostäder, och en stadsdel, på Kvarnholmen i Nacka.

Till dessa byggarbetsplatser transporteras allt byggmaterial med lastbil samtidigt som det vore möjligt att från sjösidan anlöpa byggarbetsplatserna och direkt vid kaj lossa gods. Ett exempel på byggnadsmaterial som produceras inom regionen är byggelement i betong som tillverkas i Strängnäs och transporteras med lastbil till byggarbetsplatser i Storstockholm.

En del grus- och sandprodukter transporteras idag sjövägen från täkter i Mälaren till omlastningsplatser i Hammarby och Värtahamnen och en potential finns i transporter av schaktmassor med fartyg från det pågående byggprojektet förbifart Stockholm.

## Spannmål

Siloanläggningar för spannmål finns i Västerås och Köping (se figur 39). 2015 hanterades i Köping 185 000 ton (Jordbruksaktuellt, 2016). Av detta lastades 160 000 ton ut på fartyg (Andersson, 2016). Lika mycket spannmål skeppades även ut från Västerås. En anläggning i Norrköping är stor spannmålmottagare (Nordström, 2016). Transporter dit ger en kort sjöresa där halva distansen avverkas på Mälaren, en fjärdedel i vikar av Östersjön (Bråviken och Hallsfjärden) och en fjärdedel på öppet hav.

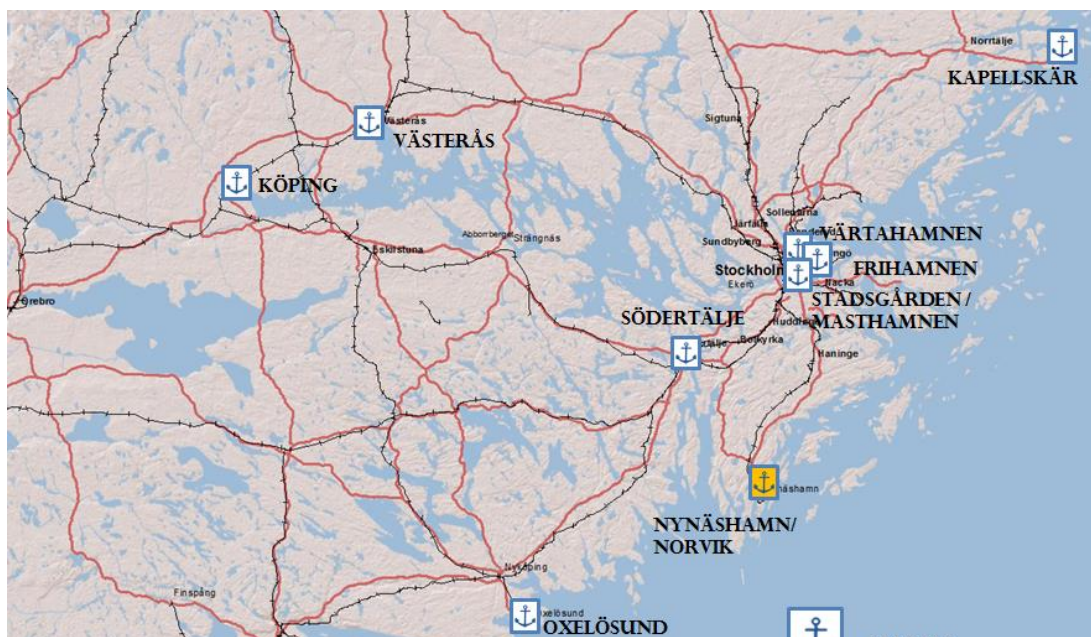


Figur 39. Fartyg i hamnen i Köping med Lantmännens spannmålssilo i bakgrunden (Mälarhamnar, 2016)

## 2.3 Hamnar, kajer, vattenleder och terminaler

### 2.3.1 Hamnar i Mälardalen

Inom Mälardalsregionen finns 9 hamnanläggningar (se figur 40) vilka beskrivs mer utförligt nedan.



Figur 40. Hamnar i Mälaregionen (gul markering symboliserar hamn under byggnad)

## Stockholms Hamnar

I koncernen Stockholms Hamnar AB, som ägs av Stockholms stad, ingår Kapellskärs Hamn, Nynäshamns Hamn samt Stockholms Hamn vilken består av Värtahamnen, Frihamnen, Stadsgården/Masthamnen, Skeppsbron och innerstadskajerna.

En ny containerhamn är under byggnad vid Norvik i Nynäshamn och dit kommer den nuvarande containerhanteringen vid Stockholms frihamn att omlokaliseras.

### *Stockholms frihamn/containerterminalen*

Sedan 2008 sköter Hutchison Port Holdings, som är en av världens största hamnoperatörer containerhanteringen i hamnen.

Landtransporter till och från containerterminalen sker med både lastbil och järnväg. Importen överstiger exporten vilket innebär en ansamling av tomma containers i Stockholm. Dessa transporteras vidare till norra Sverige där de lastas och exporteras via Göteborg eller Stockholm. Inom hamnen finns även en depåverksamhet där containrar som till stor del innehåller konsumtionsvaror lagras under varierande tid.

### *Värtahamnen*

Värtahamnen har idag färjetrafik till och från Finland samt Estland. Vidare kommer trafiken till och från Lettland att inom en snar framtid flytta till Värtahamnen. I denna hamn är passagerartrafiken dominerande men även godsmängderna är betydande.

Med anledning av utbyggnaden av Norra Djurgårdsstaden har även en omfattande ombyggnad av Värtahamnen genomförts. Detta har innefattat totalt 5 nya lägen, primärt för färjetrafiken, vilken innefattar passagerare och gods (se figur 41). Vidare har Kaj 1, *järnvägsläget*, identifierats som ett potentiellt läge dit inlandsvattentrafik (IVV-trafik) skulle kunna gå (se punkt 1 i figur 41). Kajen är flexibel och kan även användas för exempelvis projektlaster med byggmaterial samt för containerhantering. Kaj 1 byggs således inte enbart för IVV-trafik. Kajen byggs med direkt anslutning till Norra länken vilket möjliggör en god anslutning till Stockholms norra delar.

Genom färdigställandet av Norra länken har vägförbindelsen till och från Värtahamnen dessutom förbättrats.



Figur 41 Värtahamnen efter ombyggnad (Stockholms hamnar, 2016)

### **Värtabanan**

Värtahamnen förbinds med det nationella järnvägsnätet genom Värtabanan, mellan Karlberg/Tomtebodavägen och Värtan (Widerståhl, 2016). Hamnen har under perioder trafikerats av tågfarjor från Finland. Värtabanan förvaltas av Trafikverket. Avsikten med banan när den öppnades 1882 var att förbinda hamnen vid Lilla Värtan med det nationella järnvägsnätet. Hamnområdet och spåren vid banans ändpunkt byggdes ut i flera omgångar och kom förutom Värtahamnen att omfatta även Stockholms frihamn och oljehamnen Loudden. Under 2003 rustades Värtabanan upp för att möjliggöra en högre hastighet och även automatisk tågkontroll (ATC) installerades. Tågfarjan mellan Åbo och Stockholm drogs dock in vid årsskiftet 2011/2012.

I början av 2016 fick trafiken på Värtabanan ett uppsving när Fortum inledde transporter av bränsleflis till det nya kraftvärmeverket i Värtan, som är Sveriges största som eldas med biobränsle. De omkring 5 tåglasterna i veckan motsvarar 40 % av förbrukningen, resten transporteras med båt. I området kring Norrtull samsas Värtabanan med flera av Stockholms största byggprojekt som trafikleden Norra länken, nya Karolinska sjukhuset och den nya stadsdelen Hagastaden. Hagastaden kommer att byggas ovanpå Värtabananens spår och Norra länken vilka överdäckas på en sträcka av cirka 800 m. Arbetet beräknas vara klart 2019 (Järnväg.net, 2016).

### **Nynäshamns hamn**

I hamnen finns en färjeterminal för trailers och passagerare. Nynäshamn är även huvudhamn för färjetrafik till Gotland. Hamnen har även färjeförbindelser med Polen och Lettland och godsmängderna mellan Nynäshamn och Lettland respektive Polen är betydande. Hamnen är belägen 60 km söder om Stockholms centrum. Nynäshamn har anslutning till järnväg men den används för närvarande inte för godstransporter. Trafikverket utför kapacitetsstärkande åtgärder söder om Västerhaninge på Nynäsbanan. Riksväg 73 (Nynäsvägen) går mellan Stockholm och Nynäshamn.

### **Norvik**

Norviks hamn är under byggnad i Nynäshamn, 60 km söder om Stockholms centrum, och avses att bli Stockholmsregionens nya storhamn (se figur 42). Hamnen kommer att ersätta Stockholms frihamn och avses stå klar under 2019.



Figur 42. Den planerade hamnen i Norvik utanför Nynäshamn (Stockholms hamnar, 2016)

Verksamheten kommer att omfatta främst containerhantering samt även ro-ro. Norvik avses kunna hantera en betydligt större mängd containrar än vad Stockholms frihamn har kapacitet för.

De fartyg som anlöper Norvik kan vara av väsentligt större storlek än de som anlöper Stockholms frihamn (Lagerberg, 2016). Begränsningarna kommer inte att finnas i Norvik som hamn, utan istället i passagen genom Stora Bält.

*Östersjömax* är benämningen på de största fartyg som kan ta sig i och ur Östersjön genom Stora Bält där begränsningarna är ett djupgående på maximalt 15 m och en fri höjd som understiger 65 m. Med 15 m djupgående är det heller inte något problem att anlöpa Norvik. Detta innebär att Norvik får kapacitet att ta emot mycket stora containerfartyg. Fartyg med en kapacitet på 15 000 TEU skall kunna anlöpa Norvik, vilket kan illustreras med ett containerfartyg av *Östersjömax* storlek med en kapacitet av 14 700 TEU vilket har trafikerat Östersjön och då anlöpte Gdansk (se figur 43).



Figur 43. *Emma Maersk* (Maersk, 2016)

Ur ett inlandsvattensjöfartsperspektiv är det från Norvik 4-5 timmars gångtid med en uppskattad medelfart på 8 knop till både Södertälje hamn och sluss samt till Stockholm. Omkring Norvik är skärgården öppen och till viss del svårnavigerad. Söder om Norvik och Nynäshamn vid Landsort övergår skärgården i det närmaste till öppet hav.

Nynäsbanan binder samman den planerade hamnen Norvik med Stockholm. På denna bana samsas gods- och persontåg om samma spår och sedan 2007 pågår utbyggnads- och förbättringsarbeten, som bland annat innefattar en dubbelspårsutbyggnad mellan Tungelsta och Hemfosa, vilken är under färdigställande. Detta kommer att öka kapaciteten och minska risken för trafikstörningar.

### Södertälje hamn

Södertälje hamn ägs av Södertälje kommun och består av 4 hamnområden; Sydhamnen, Uthamnen, Igelstahamnen och Oljehamnen. I Sydhamnen finns containerterminal och RoRo-terminal. I Södertälje hanteras framför allt containrar, personbilar, skogsprodukter och styckegods.

Det finns järnvägsspår inom hamnområdet med anslutning till stambanan och en kombiterminal i hamnen. Hamnen har goda anslutningar till E4 och E20 samt till Västra stambanan. Kapaciteten på enkelspåret mellan Södertälje C och hamnen är dock begränsad på grund av hård belastning.

I Södertälje hamn hanteras både containrar som kommer in via fartyg samt containrar som kommer in via den kombiterminal som finns inom hamnens område. Till kombiterminalen ankommer hamnpendlar från Göteborgs hamn (Froste, 2016).

För att komma till Södertälje hamn krävs en insegling på tre och en halv timme genom skärgården i Södertäljeleden. Förslag finns på att bygga ut Södertäljeleden till att kunna hantera fartyg på upp till 230 x 32 m och med ett djupgående på 11,5 m (Brundin, 2016). Utbyggnaden är främst planerad för att kunna ta emot större tankfartyg till Södertälje hamn (Froste, 2016) men utbyggnaden ger även möjlighet till att ta in containerfartyg på upp till 3 000 TEU till Södertälje.

### Oxelösunds hamn

Oxelösunds Hamn AB ägs till 50 % av Oxelösunds kommun och till 50 % av SSAB. Hamnen är främst en bulkhamn, men fungerar också som omlastningshamn mellan mindre och större fartyg och har även en mycket liten volym containertransporter.

Oxelösund ligger i utkanten av Mälardalsområdet. Ur ett inlandsvattenperspektiv skulle hamnen kunna fungera som en omlastningshamn för bulk gods från större fartyg till inlandsvattenfartyg (Zetterlund, 2016). Från Oxelösund till Södertälje sluss och hamn är gångtiden 4-5 timmar med en uppskattad medelfart på 8 knop. Detta är beräknat på att ett inlandsvattenfartyg går inomskärs genom relativt trång och otillgänglig skärgård. Att ta en yttre mer lättnavigerad led är inte tänkbart då dessa vatten inte är klassade och inte förmodas att kunna klassas som inlandsvatten.

### Mälarhamnar (Västerås och Köping)

Ägare till hamnarna i Västerås och Köping är Mälarhamnar AB som i sin tur ägs av Västerås Stad (55 %) och Köpings kommun (45 %). De stora produktgrupperna är bulk gods, styckegods och containrar (Alzén, 2016). Köping är i huvudsak en industrihamn för bulkprodukter. Containerhantering finns i Västerås. Under 2015 hanterades sammantaget 7 300 containrar, flak och RoRo-kassetter, vilket omräknat innebar 12 500 TEU (Sveriges Hamnar, 2016).

I Västerås finns en kombiterminal där verksamheten dock är inställd och staden har även en växande lagerhantering inom dagligvaruområdet. Till exempel har Ica lokaliserat ett lager för torra varor (kolonialvaror) samt frysta varor till Västerås. Vidare har Coop sitt lager för färskvaror (kylda varor) lokaliserat till Västerås.

Västerås hamns fördel är dess närhet till industritäta regioner i Bergslagen och Dalarna som genererar stora godsmängder. Dess nackdel är en lång sjöresa på 8 timmar från Södertälje sluss till Västerås som är tidskrävande och kostsam. En fast linjetrafik med containerfartyg finns etablerad med trafik till Benelux och England. Med en utbyggnad av Södertälje kanal och en ny sluss i Södertälje kommer större tonnage att kunna tas in i Mälaren (Hjalmarsson E, 2016). Containerfartyg med en kapacitet på 800 - 1 000 TEU avses därmed kunna gå in i Mälaren (se figur 44). Begränsande faktorer är fartygets djupgående (7 m) samt fartygets fria höjd.



Figur 44. 1 036 TEU Containerfartyg – Anna Sibum (Arkon, 2016)

### 2.3.2 Mälaren

Mälaren är en ekologiskt känslig miljö med känsliga bestånd av djurarter och växter. Dessutom är Mälaren dricksvattentäckt för en stor del av Storstockholmsområdet. På flera håll är det svårt att komma till strandnära lägen då det finns fågelskyddsområden som försvårar anläggande av hamnar och kajlägen. Mälarens strandkanter är dessutom till stor del bebyggda, utgörs av privat mark eller åkermark som gränsar till vattnet.

Utanför huvudfarleden är Mälaren grund och djupet, i flera av de passager som kan bli aktuella för inlandsvattentrafik, är endast 3-4 m. Mälaren är inte bara grund, utanför huvudfarleden finns också skarpa kurvor och smala passager, som kan bli nödvändiga att passera på väg till platser där det kan bli aktuellt att anlägga nya lastageplatser.

Grunda vatten, smala passager och skarpa kurvor medför dock större problem för traditionella fartyg än för inlandsvattenfartyg eftersom dessa vanligen har en mycket god manövreringsförmåga och ett djupgående på endast 3-3,5 m. Ett anläggande av nya lastageplatser i Mälaren skulle därför skapa möjligheter för inlandsvattensjöfart.

Idag finns det två reellt möjliga inseglingalternativ till Mälaren från Östersjön. Dessa är Södertälje kanal respektive Hammarby kanal även om Karl Johanslussen vid Söderström, i centrala Stockholm, skulle kunna räknas som ett alternativ.

#### Hammarby kanal

Hammarby kanal förbinder Årstaviken av Mälaren med Saltsjön och utgör en gräns mellan Stockholms city med Södermalm i norr och Hammarbyområdet på Södertörn i söder. I kanalen ingår en sluss som klarar en maximal fartygsstorlek av 110 x 15 x 5,5 m (Stockholms Hamnar, 2016). Den fria höjden uppgår till 12,8 m.

Kanalen har idag ett begränsat kommersiellt utnyttjande men är ändå tillräckligt stor för att kunna hantera flertalet av de inlandsvattenfartyg som kunde vara aktuella för trafik på Mälaren. Emellertid kan längden bli ett problem för större fartyg eftersom en vanligt förekommande dimension på inlandsvattenfartyg i Centraleuropa är 110 x 11,5 m x 4 m vilken ligger inom gränsen för den godkända fartygsstorleken.

#### Karl Johanslussen (Slussen)

Efter en pågående ombyggnation kommer Karl Johanslussen att bli något bredare än vad den är idag (Johansson, 2015). På grund av att den begränsade fria höjden under tunnelbanebron och Centralbron, på Mälarsidan om slussen, är begränsad till 3,8 m bedöms denna infart till Mälaren vara för låg för flertalet fraktfartyg. Den nya slusskammarens dimensioner kommer att vara 90 x 12 x 4,8 m.

#### Södertälje kanal

Genom Södertälje kanal, med Södertälje sluss, passerar årligen 4 500 fartyg med en godsmängd på drygt 4 miljoner ton (Breitholtz, 2016). Södertälje sluss klarar en maximal fartygsstorlek på 124 x 18 x 6,5 m och kommer efter en planerad utbyggnad att klara fartyg med en maximal storlek på 160 x 23 x 7 m (Brundin, 2016). Detta innebär att slussen inte kommer att utgöra något hinder för att inlandsvattenfartyg, av hittills i Europa förekommande typer, skall kunna ta sig i och ur Mälaren.

### 2.3.3 Tänkbara angöringsplatser för inlandsvattenfartyg

Olika potentiella kajlägen i både norra och södra delen av Mälaren har undersökts. I Mälaren finns ett antal platser där det finns potential till integrering mellan en inlandsvattenhamn, väg och järnväg.

I Västerås och Köping finns kajer, terminaler och infrastruktur samt anslutningar till huvudfarled vilket möjliggör omlastning mellan större och mindre fartyg. Det som i detta avseende skiljer norra Mälaren och södra Mälaren åt är att det idag inte finns någon industrihamn i den södra delen.

Nedan redogörs för de orter där det finns potential till en integrering mellan sjöfart och järnväg och där enklare kajlägen och enkel landinfrastruktur bör kunna anläggas.

### Kombi Stockholm Norr

I Rosersberg finns en stor kombiterminal som är placerad intill E4 och Norra stambanan. Den placeringen gör att kombiterminalen även ligger cirka tre kilometer från Mälarens vatten med obebyggd mark emellan. Läget möjliggör en potentiell anslutning mellan terminal och sjö. En möjlig anslutning skulle kunna bestå av en truck med topplyftsock vid kajen som lyfter en container ombord på en vagn kopplad till en dragtruck för vidare transport mellan terminal och sjö.

En begränsning finns i ett antal öppningsbara broar, ett flertal fartbegränsningar samt en smal och grund passage vid Stäket som måste passeras. Passagen vid Stäket har en minsta segelfri bredd på 7,8 m och ett minsta djup på 3,6 m (Sjöfartsverket, 2016b). Den segelfria höjden begränsas till 16 m av en järnvägsbro för Mäljarbanan (Skanska, 1998). Det är en smal passage men möjlighet finns, att med ett mindre containerfartyg med en bredd upp till 7 m, kunna ta sig igenom (se figur 45).



Figur 45. Mindre containerfartyg med en bredd på 7 m (Mercurius, 2016)

### Bålsta

Väster om Kombi Stockholm Norr finns Kalmarviken vid Bålsta samhälle vilken har potential att anlöpas med inlandsvattenfartyg. Detta är en djup vik av Mälaren där det finns en hamn, Kalmarsand, som används för bulkgoods såsom grus och sand, samt en lastageplats för cement.

Bålsta och Kalmarviken ligger strategiskt med närhet till E18 och Mäljarbanan som löper genom Bålsta samhälle. Det är lätt att ta sig in och angöra med båt och det finns bra anslutningar till väginfrastruktur. En djup vik löper in från Mälaren där en bulkhamn är belägen. I Bålsta bedöms det finnas goda möjligheter att anlägga ett containerhanteringsläge i direkt anslutning till en befintlig bulkkaj.

Bålstas förbindelse till järnvägsnätet utgörs av Mäljarbanan där sträckan mellan Tomtebodan och Bålsta är hårt belastad och trafikeras av pendeltåg, regionaltåg och fjärrtåg. Sträckan Tomtebodan – Kallhäll är cirka 20 km lång och planeras att byggas ut från 2 till 4 spår i två etapper. Etappen Barkarby–Kallhäll avses slutföras under 2016 och etappen Tomtebodan – Barkarby, beräknas vara klar 2025 (Trafikverket, 2011).



## Bro

Även vid Bro som är beläget väster om Bålsta finns det en vik i Mälaren där marken är obebyggd och gör att järnvägen passerar nära vattnet. Här finns ingen hamn men i direkt anslutning till vattnet finns en kombiterminal som ägs av Coop. Kring vattenområdet nedanför kombiterminalen finns dock ett fågelskyddsområde vilket kan försvåra eller förhåla en expansion i området med kajlägen och hamnanläggningar.

## Ekoln/Uppsala

Från Rosersberg, leder vattenvägen norrut till Fyrisåns mynning och Uppsala tätorts södra utkant. Avståndet från Stockholm (Hammarby sluss) är 80 kilometer och färden tar 5,5 timmar vid en snittfart av 8 knop. På denna vattenväg finns förtom vid Stäket, en smal passage i Erikssund med ett minsta djup av 3,2 m. En annan begränsning för fartyg som färdas till Uppsala är att den vid Stäket största tillåtna fartygsbredden uppgår till 7,8 m (Hulsart et al, 2015).

## Enköping

Enköping nås från Mälaren via Enköpingsån som är ett smalt och grunt vattendrag som sträcker sig ett par kilometer från Mälaren till centrala Enköping där det tidigare funnits en hamn. Idag trafikerar ån och hamnen endast av fritidsbåtar.

## Torshälla

Mellan Mälaren och Eskilstuna ligger Torshälla, som förbinds med Mälaren genom en kanal och Torshällaån, som utgör ett 3 kilometer långt rakt vattendrag som är grunt och smalt. I Torshälla finns en hamn där det på 1950-talet skeppades in kol. I hamnområdet finns ett järnvägsspår som ansluter till Svealandsbanan.

## Strängnäs

Genom centrala Strängnäs löper järnvägen nära Mälaren. Det har tidigare funnits en hamn på Visholmen i norra delen av staden. Mellan sjön och järnvägen finns en delvis tät bebyggelse samtidigt som det finns goda anöringsmöjligheter från sjön.

## Mariefred/Taxinge

I den södra delen av Mälaren innan Södertälje finns Mariefred och Taxinge Näsby. Här finns goda anöringsmöjligheter från Mälaren och god anslutning till järnväg. Det har funnits planer på att anlägga ett kajläge i Taxinge för torrbulkhantering.

## Örebro och Hallsberg

I den västligaste delen av regionen finns Örebro och Hallsberg, varav Hallsberg är en viktig knutpunkt för järnvägens godstrafik. Mellan Örebro och Hallsberg är avståndet cirka 20 km.

## Hjälmare kanal och Hjälmaren

Det befolkningstäta Örebro ligger vid sjön Hjälmarens västligaste del och intressant hade därför varit om man även sjövägen kunde nå Örebro. Hjälmaren förbinds med Mälaren av det smala vattendraget Hjälmare kanal som erbjuder en möjlighet att ta sjövägen till Hjälmaren från Mälaren och därmed också även till Örebro. Hjälmare kanal är totalt 13,5 km lång varav 8,5 km är grävd kanal (Sveaskog, 2016). De maximala dimensionerna för ett fartyg är idag 30 x 7 x 1,95 m och kanalens 9 handmanövrerade slussar utgör här en stor begränsning. De största fartygen som idag trafikerar kanalen är mindre passagerarfartyg. Kanalen är rak och inga skarpare krökar eller kurvor finns, däremot är den grund och innehåller smala passager.

## Strömsholms kanal

Strömsholms kanal förbinder Mälaren med Bergslagen (Strömsholms kanal, 2016). Kanalen är 107 km lång och sträcker sig mellan Smedjebacken i norr till Borgåsund vid Strömsholm i söder, utgörs av 26 slussar och har en höjdskillnad på 99 m. Enligt ett beslut från början av 1950-talet, när den kommersiella trafiken avvecklades har den fria höjden under broarna i kanalen begränsats till 2,5 m. Den smala och grunda kanalen trafikerar numera endast av fritidsbåtar.

### 2.3.4 Vinter- och issjöfart

#### Mälaren

Mälaren ligger i ett klimatområde där vattnet fryser under delar av året och isbildningen tidvis blir tjock. På Mälaren inträffar detta kalla vintrar mellan december och mars/april. Isläget varierar från år till år och vissa år finns ingen is alls och andra år kan isen lägga sig tjock, upp till 0,5 m förekommer (Knutas, 2015).

Samtliga fartyg som trafikerar Mälaren under isperioden måste vara klassade enligt de finsk-svenska isklassreglerna. Vanligen bryts is endast i huvudfarleden av ordinarie trafik och någon assistans liknande den som finns i andra isfarvatten, såsom Bottenviken, förekommer inte. Sjöfartsverkets fartyg Baltica och Fyrbyggaren finns tillgängliga och bryter vid behov även rännan i huvudfarleden. Privata aktörer och hamnbolag bryter isen i hamnarna, vanligen med bogserbåtar (Knutas, 2015).

I början av december börjar isklasskrav 1C gälla på Mälaren vilket kan öka till isklasskrav 1B senare under säsongen. Ur inlandsvattensjöfartsperspektiv innebär detta att de farkoster som används måste klara av vintersjöfart och is enligt de svensk-finska isklasskraven. Detta medför att konstruktion och utrustning för dessa fartyg kommer att bli dyrare än för de traditionella inlandsvattensjöfartsfartyg som finns i Centraleuropa. Fartygen behöver förmodligen inte bara klara av att gå i en redan bruten ränna utan måste också kunna klara av att själva bryta is.

Frågan om isbrytarassistans även på Mälaren är en frågeställning som måste beaktas om ett system med inlandsvattensjöfart blir verklighet.

#### Saima Kanal

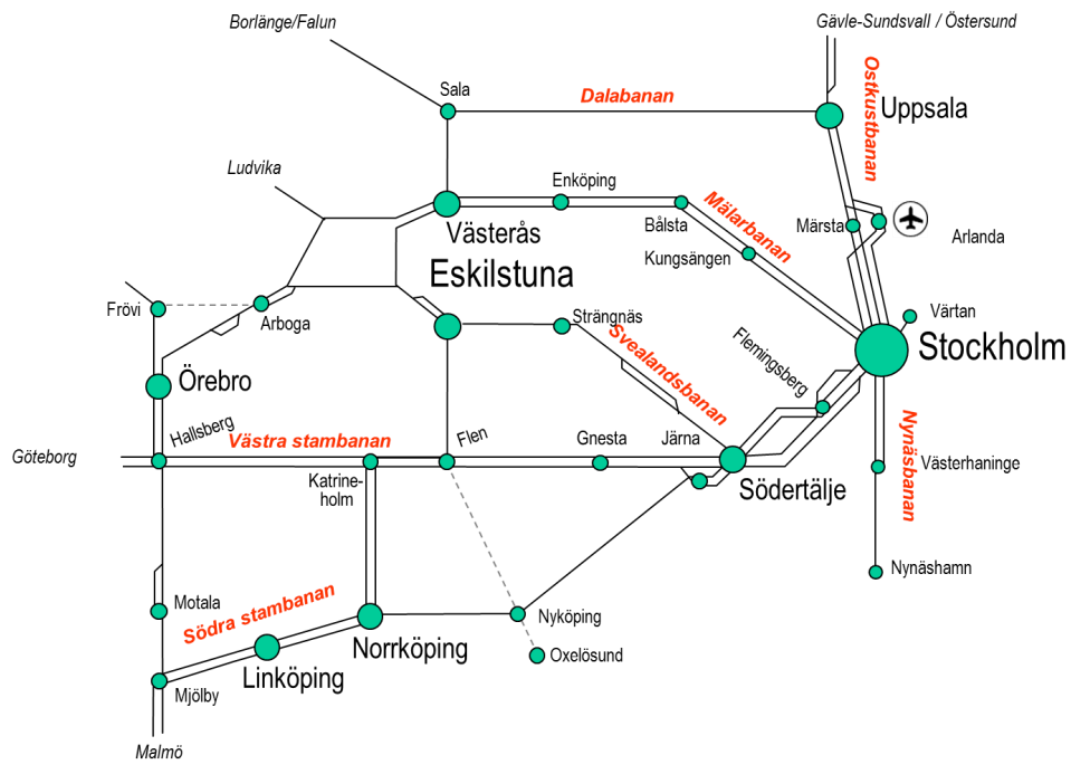
Saima kanal i östra Finland är 43 km lång och förbinder sjön Saimen med Finska viken. En del av kanalen går in på ryskt territorium och kanalen administreras av både finska och ryska myndigheter. Kanalen trafikerar av konventionella fartyg som går under traditionella regelverk. Fartygen måste ha lots för resor genom kanalen och Saimens sjösystem samt måste uppfylla de finsk-svenska reglerna för isklass. I kanalens nordliga del, nära mynningen till sjön Saimen finns en utgrävd hamn med järnvägsanslutning (Väisänen, 2015).

Kanalen är intressant att jämföra med Mälaren då förutsättningarna för vintersjöfart i stort sammanfaller. För Saima kanals del har detta problem lösts genom att kanalen stängs under den ismässigt svåraste delen av säsongen från januari till mars, vilket i praktiken innebär en endast 10 månader lång seglingsperiod per år. Under för- och eftersäsong då isen fortfarande ligger men kanalen ändå är öppen för trafik används isbrytande bogserbåtar och vattengenomströmning från slussar för att hålla kanalen farbar. Dessutom finns uppvärmningssystem inne i slussarna som har till uppgift att hålla isen borta från slussarnas insidor (Väisänen, 2015).

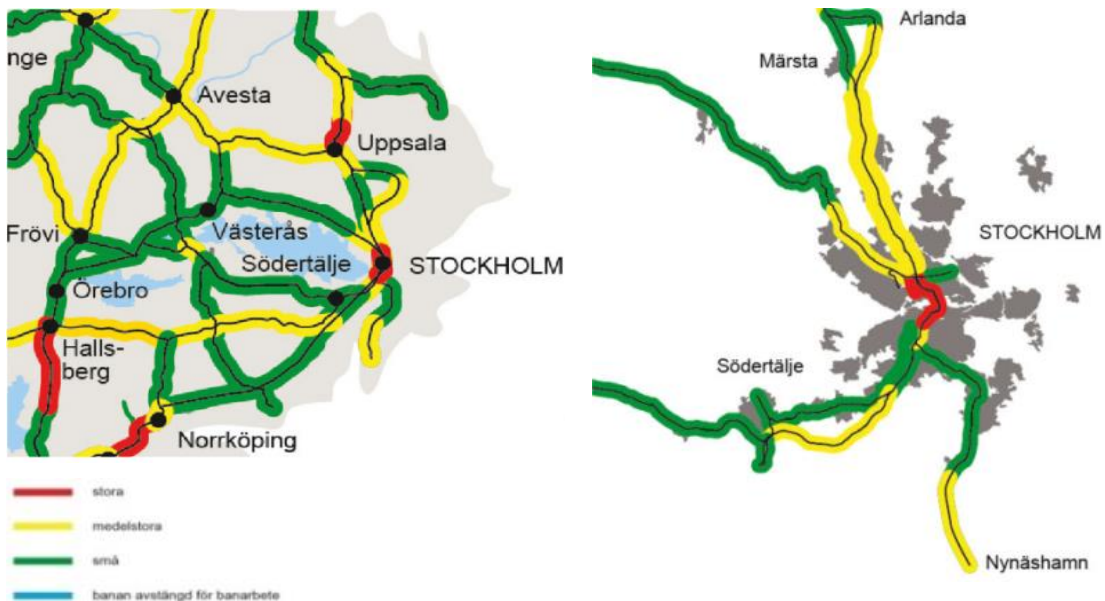
## 2.4 Kartläggning av transportsystem och terminaler för kombitransporter

### 2.4.1 Järnvägssystemet i Mälardalen

Detta avsnitt innefattar översiktsbilder över regionens spårssystem, trafikering på järnvägsnätet och kapacitetsbegränsningar i infrastrukturen. Namn på banor (se figur 46), kapacitetsbegränsningar i bandelar samt utnyttjade av järnvägsnätet i form av tågantal/dygn och bandel (se figur 47 och tabell 23) kommer även att ligga till grund för den beskrivning och kartläggning av intermodala terminaler i Mälardalen som presenteras i denna studie (se avsnitt 2.1 – Kartläggning och differentiering).



Figur 46. Spårssystem i Mälardalen (Fröidh, 1999)



Figur 47. Kapacitetsbegränsningar hösten 2015 (Grimm, 2016)

Tabell 23. Antal tåg på banor och linjedelar i Mälardalen hösten 2015  
 (Grimm, 2016)

Banor och linjedelar 2015 Färgen motsvarar graden av kapacitetsbegränsningar	Antal tåg per dygn och dim riktning hösten 2015			Banor och linjedelar 2015 Färgen motsvarar graden av kapacitetsbegränsningar	Antal tåg per dygn och dim riktning hösten 2015		
	Person	Gods	Summa		Person	Gods	Summa
<b>1. Västra stambanan</b>				<b>9. Godsstråket genom Bergslagen</b>			
Stockholm C-Stockholm s	290	7	297	Storvik - Avesta/Krylbo	12	40	52
Stockholm s-Ålvsjö (i)	183	7	190	Avesta/Krylbo - Fagersta	12	39	51
Stockholm s-Ålvsjö (y)	107	0	107	Fagersta - Frövi	10	35	45
Ålvsjö-Flemingsberg (i)	89	10	99	Frövi - Hovsta	27	31	58
Ålvsjö-Flemingsberg (y)	102	0	102	Hovsta - Örebro	50	32	82
Flemingsberg-Södertälje syd Ö	100	9	109	Örebro - Hallsberg pbg	57	35	92
Flemingsberg-Tumba	93	2	95	Hallsberg pbg - Degerön	18	33	51
Tumba-Södertälje hamn	81	2	83	<b>16. Mälärbanan</b>			
Södertälje H-Södertälje C	115	0	115	Karberg - Jakobsberg	111	1	112
Södertälje H-Järna	27	2	29	Jakobsberg - Kungsängen	105	1	106
Södertälje Syd Ö-Järna	82	9	91	Kungsängen - Bålsta	71	2	73
Järna-Gnesta	94	10	104	Bålsta - Västerås N	28	2	30
Gnesta-Flen	68	10	78	Västerås N - Västerås C	43	5	48
Flen-Katrineholm	84	10	94	Västerås C - Kolbäck	55	7	62
Katrineholm-Hallsberg	46	12	58	Kolbäck - Valskog	38	17	55
<b>2. Södra stambanan</b>				Valskog - Arboga	35	13	48
Järna-Nyköping	33	0	33	Arboga - Hovsta	45	2	47
Nyköping-Åby	34	2	36	Jädersbruk - Frövi	2	23	25
Katrineholm-Åby	40	9	49	<b>17. Svealandsbanan</b>			
Åby-Norrköping	58	11	69	Södertälje-Nykvarn	35	2	37
Norrköping-Linköping	93	11	104	Nykvarn-Läggesta	18	1	19
Linköping-Mjölby	67	7	74	Läggesta-Eskilstuna	35	1	36
<b>5. Ostkustbanan</b>				Eskilstuna-Folkesta	35	6	41
Stockholm C - Karlberg (i)	195	0	195	Folkesta-Rekarne	69	10	79
Stockholm C - Karlberg (y)	173	3	176	Rekarne-Valskog	31	8	39
Karlberg - Skavstaby (i)	116	1	117	Åkers Styckebruk-Grundbro	0	1	1
Karlberg - Skavstaby (y)	149	1	150	<b>18. Sala - Oxelösund</b>			
Skavstaby - Märsta	103	2	105	Sala - Västerås N	27	7	34
Märsta - Myrbacken	30	4	34	Kolbäck-Rekarne	38	2	40
Skavstaby - Arlanda Nedre	159	0	159	Eskilstuna-Flens ö	31	8	39
Arlanda Nedre - Myrbacken	73	0	73	Flens ö-Oxelösund	0	4	4
Myrbacken - Uppsala	103	3	106	<b>19. Nynäsbanan</b>			
Uppsala - Samnan	122	6	128	Ålvsjö-Västerhaninge	80	2	82
Samnan - Tierp	62	3	65	Västerhaninge - Tungelsta	35	0	35
<b>6. Dalabanan</b>				Tungelsta-Nynäshamn	69	0	69
Uppsala - Sala	45	0	45				
Sala - Avesta/Krylbo	21	7	28				
Avesta/Krylbo - Borlänge	23	8	31				
Borlänge - Repbäcken	19	12	31				
Repbäcken - Mora	19	9	28				

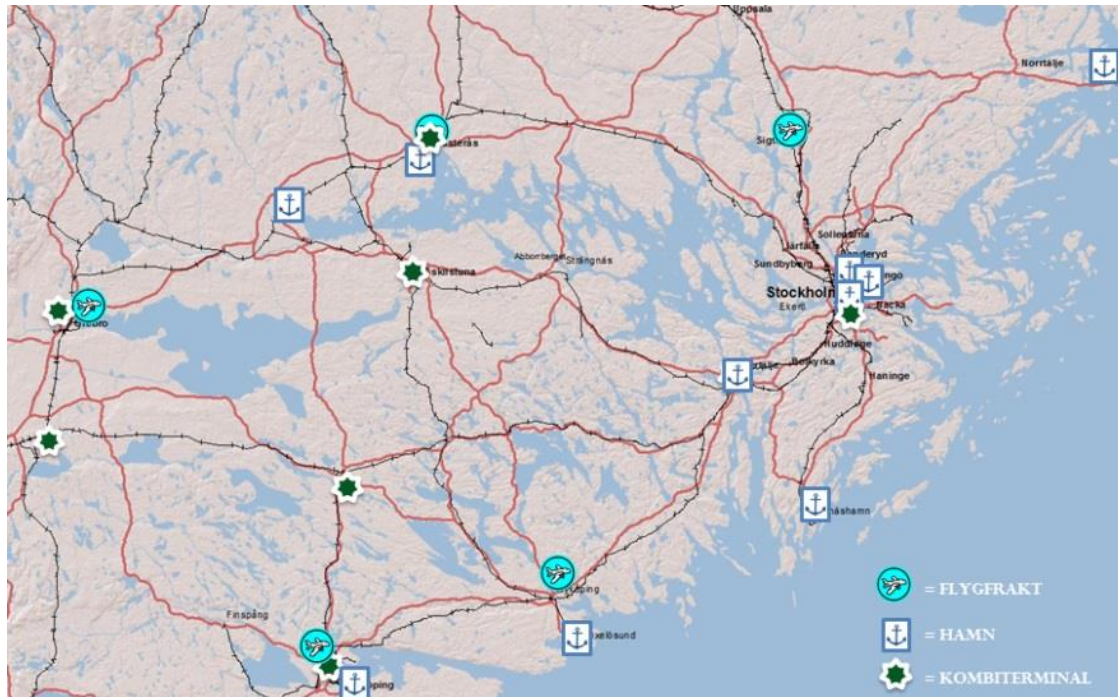
## 2.4.2 Terminaler och noder

En intermodal terminal är en plats där minst två trafikslag möts och där gods förflyttas mellan dessa. Intermodala terminaler definieras i denna studie som godsnoder där det finns en hög koncentration av enhetslastat gods och där det finns möjlighet till omlastning mellan olika trafikslag, främst kombiterminaler och hamnar (se figur 48).

Beskrivningen av de mest betydelsefulla terminalerna i regionen behandlar framförallt följande tre egenskaper (se figur 49):

1. Aktörsstruktur
2. Hanterat gods
3. Lokalisering

Avseende punkten *Aktörsstruktur*, är det de två grundläggande funktionerna ägande och drift som står i centrum vid val av en organisationsmodell för en terminal. Dessa funktioner kan i princip finnas hos samma aktör, om den aktör som äger terminalen även driver den operationella verksamheten. Det är dock vanligt att upphandla driften.

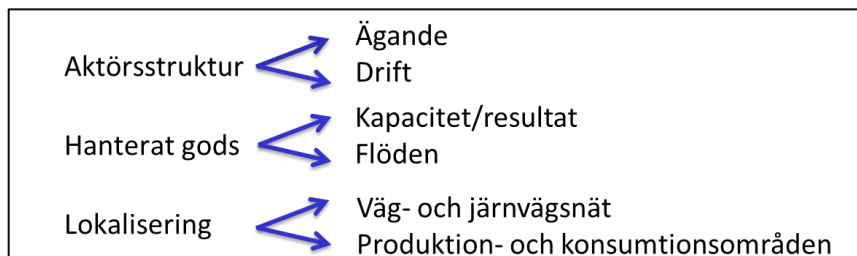


Figur 48. Den befintliga regionala terminalstrukturen

Exempelvis drivs Jernhusens kombiterminaler runt om i Sverige av olika operatörer.

Under punkten *Hanterat gods* beskrivs de typer av transporter som ankommer till och utgår från terminalen. Operationell kapacitet och kvantitativa resultat, ofta angivna i antal hanterade enheter, redovisas när information är tillgänglig och finns uppdaterad.

Punkten *Lokalisering* behandlar terminalens geografiska läge och dess närhet till större transportgenererande områden samt till väg- och järnvägsnät.



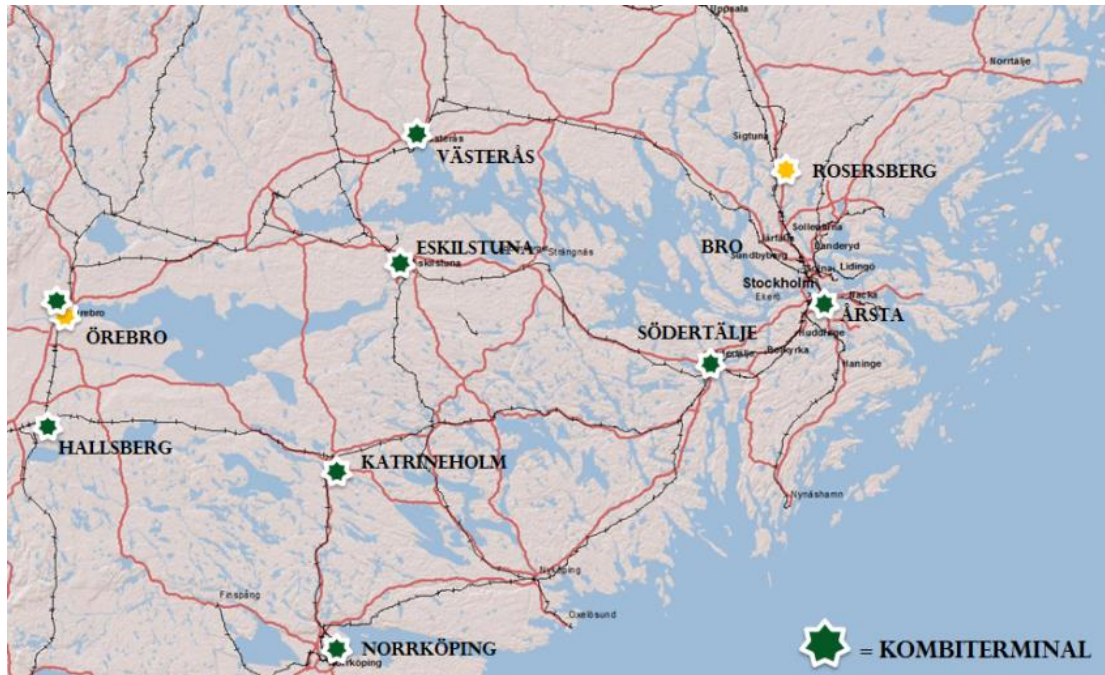
Figur 49. Ramverk för beskrivning av intermodala terminaler

### 2.4.3 Kombiterminaler

En kombiterminal är en terminal där gods förflyttas mellan väg och järnväg, alltså en delmängd av begreppet intermodal terminal. I detta avsnitt beskrivs stora kombiterminaler som kan hantera containrar, växelflak och trailers av alla storlekar.

Både befintliga och planerade kombiterminaler beskrivs, där de befintliga stora kombiterminalerna i regionen är (se figur 50):

1. Katrineholm
2. Södertälje
3. Stockholm Årsta
4. Eskilstuna
5. Hallsberg
6. Örebro terminal
7. Stockholm Nord Rosersberg



Figur 50. Befintliga (grön) och planerade (gul) kombiterminaler i regionen

De 10 största kombiterminaler i Sverige, mätt i hanterad volym 2013 har listats (se tabell 24). Av dessa är Eskilstuna den största kombiterminalen i Mälardalen.

Tabell 24. De 10 största kombiterminaler i Sverige mätt i hanterad volym 2013 (Transportnytt, 2014)

Terminal	Ort	Hanterad mängd 2013 (TEU)
1. Nässjö Kombiterminal	Nässjö	90 000
2. Gävle Hamn Granudden	Gävle	80 000
3. Eskilstuna Kombiterminal	Eskilstuna	77 200
4. Göteborgs Kombiterminal	Göteborg	75 000
5. Helsingborgs Hamn	Helsingborg	75 000
6. Stockholm Årsta Kombiterminal	Stockholm	48 000
7. Vaggeryds Kombiterminal	Skillingaryd	34 000
8. Hallsbergsterminalen (Logent)	Hallsberg	21 000
9. Pampus containerterminal	Norrköping	20 000
10. Sundsvalls kombiterminal	Sundsvall	20 000

### Stockholm Årsta Kombiterminal

#### Aktörsstruktur

Kombiterminalen ägs av Jernhusen och driften utförs av en terminaloperatör.

#### Hanterat gods

Inkommande gods består framförallt av konsumtionsvaror från söder och väster. En stor del av de utgående transporter är tomma containrar. Jernhusen har utvecklat terminalen med kranar, lager och cross-docking och därmed generat en ökning av terminalens kapacitet. Terminalen har hanterat ca 140 000 TEU/år men volymen har nu sjunkit till ca 48 000 TEU/år.

**Lokalisering**

Terminalen ligger mellan Västberga och Årsta industriområden i södra Stockholm samt utmed Västra stambanan, Europaväg E4/E20 och Väg 75 (Södra länken).

**Hallsberg****Aktörsstruktur**

Hallsberg är en öppen kombiterminal som ägs och drivs av Hallsbergs Terminal AB, som i sin tur ägs av Hallsberg kommun samt Green Cargo.

**Hanterat gods**

En stor del av de inkommande godsflödena kommer söderifrån och består av konsumtionsvaror, men även av en del basprodukter. Utgående godsflöden på järnväg är till stor del basgods som exporteras till kontinenten. In- och utgående godsflöden på järnväg är i stort sett lika stora.

**Lokalisering**

Kombiterminalen är lokaliserad i nära anslutning till Riksbangården Hallsberg, en av de viktigaste knutpunkterna för svensk järnvägstrafik, samt Europaväg E20. Flera transportintensiva storföretag har valt att koncentrera sin verksamhet eller placera sina lager i Hallsberg, exempelvis Ahlsells och Green Cargo.

**Eskilstuna****Aktörsstruktur**

Terminalen är allmän och ägs av kommunen och opereras av m4 gruppen.

**Hanterat gods**

Terminalen består av 2 anläggningar av vilka verksamheten vid den första startade 2003. Denna del av anläggningen har 2 elektrifierade spår och 2 ej elektrifierade spår och den används i huvudsak vid mottagning och hantering av bränsleflis och hantering av vagnslaster. 2010 invigdes den nya delen av anläggningen som omfattar 4 elektrifierade spår där växelflak, containrar, trailers och vagnslaster hanteras.

Inflödena består främst av konsumtionsgods och utflödena av tomma containrar samt vissa basprodukter. Inflödena kommer söder- och västerifrån och transporteras oftast till lager i närheten av kombiterminalen. Flödena söderifrån är lastade i trailers medan flödena västerifrån till stor del är lastade i containrar. Terminalen är knuten till Göteborgs hamns system med tågpendlar.

**Lokalisering**

Terminalen ligger strax väster om Eskilstuna tätort, i anslutning till Svealandsbanan och järnvägen Sala-Eskilstuna-Oxelösund och Europaväg E20.

**Katrineholm****Aktörsstruktur**

Terminalen ägs av kommunen och Katrineholm Rail Point AB sköter driften.

**Hanterat gods**

Katrineholms Logistikcentrum består av två terminaldelar där den nyare *Norra terminalen* invigdes 2011. Denna terminaldel har holländska Van Dieren som kund med 5 kombitåg i veckan i vardera riktningen till/från tyska Herne. En tågpendel till Göteborgs Hamn har även etablerats. Båda terminaldelarna är elektrifierade.

**Lokalisering**

Terminalen är belägen nära västra och södra stambanorna och med riksvägarna 52, 55, 56 och 57 som knyter samman E4, E18 och E20.

**Stockholm Nord Rosersberg****Aktörsstruktur**

Terminalen öppnades under hösten 2015. Bakom terminalen står bland annat markägaren Kilen Kryssset AB, Gävle Containerterminal AB samt Scandinavian Ports & Terminals AB som även ansvarar för driften av terminalen.

**Hanterat gods**

Kombiterminalen är allmän och har kapacitet för att kunna hantera 130 000 TEU/år. Det finns flera stora logistikaktörer i området såsom, Bonnier Samdistribution, DHL, Dustin och Nokian Tyres. PostNord öppnade 2015 en ny postterminal i området. Idén är att Stockholm Nord ska ta emot långväga gods på järnväg, främst söderifrån, som kommer till Storstockholmsområdet och som ska till slutpunkter norr om Mälaren.

**Lokalisering**

Kombiterminalen är lokaliserad i ett logistikområde i norra Stockholm, intill Ostkustbanan och Europaväg E4/E20 samt med närhet till Arlanda flygplats.

**Södertälje****Aktörsstruktur**

Terminalen ägs och opereras av Södertälje hamn som ägs av Södertälje kommun.

**Hanterat gods**

Gods på järnväg kommer främst västerifrån och består i huvudsak av containrar med konsumtionsvaror. Inflödena på järnväg är betydligt större än utflödena och flertalet containrar omlastas obrutna till lastbil och körs ut till kunderna, medan en mindre andel bryts i hamnen. Utgående flöden på järnväg är tomcontainrar samt vissa konsumtionsvaror. En stor andel av tomcontainrarna går också från hamnen sjövägen.

**Lokalisering**

Terminalen är lokaliserad i Södertälje hamn med anslutning direkt till Västra stambanan och Europaväg E4/E20.

**Örebro Terminal****Aktörsstruktur**

Terminalen ägs till största del av det kommunala fastighetsbolaget Örebroporten, samt till en mindre del av Trafikverket.

**Lokalisering**

Kombiterminalen, som går under namnet Örebro Terminal, är lokaliserad intill bangården i centrala Örebro, vid centralstationen och nära vattentornet *Svampen*, därav benämningen *Svampenterminalen*.

Örebro kommun har planer på att bygga en ny kombiterminal vid Törsjö/Mosås söder om Örebro centrum, invid Europaväg 20 och Riksväg 50. Målsättningen är att den ska färdigställas inom 5 år och då ersätta den nuvarande anläggningen.

**Hanterat gods**

Terminalen har bland annat förbindelse med Göteborgs hamn genom en hamnpendel.



## 2.5 Lastbärarhantering i hamnar och vid andra tilläggsplatser

En förutsättning för en effektiv inlandsvattensjöfart är att det finns en effektivitet i hela transport- och hanteringskedjan, vilket innebär att även lastbärarhanteringen när fartyget ligger vid kaj måste vara effektiv. Denna hantering kan antingen ske genom att fartyget har en egen containerkran, som sköts av fartygets besättning, eller med hjälp av en containerkran som finns på kajen.

Ett alternativ är även att använda truckar med lyftok (reach-stackers) som från kajen kan lyfta av och på containrar till och från ett fartyg. Om en truck med topplyftok används kan containrar både lyftas i och ur mindre fartyg och positioneras till önskad plats på kajen eller direkt ställas på en lastbil eller järnvägsvagn. Denna lösning används bland annat vid en terminal i centrala Paris (se figur 51).



Figur 51. Lasthantering för containerinlandsvattenfartyg med truck med topplyftok (Ports de Paris, 2016)

Om containerkranar finns på kajerna kan ett större urval av fartyg utnyttjas för trafik i Mälaren eftersom flertalet fartyg i Centraleuropa inte har egna kranar ombord utan anlöper kajer där det finns fasta kranar. Investeringar i fasta kranar kräver dock att stora godsmängder hanteras i hamnarna för att investeringarna skall kunna bäras.

Alternativ till fasta containerkranar på land är att fartygen har egna kranar ombord och som manövreras av besättningen eller att hanteringen sker med hjälp av en truck med topplyftok som från kajen lyfter containrarna direkt från fartyget till kajen. Problemet är att de containrar som fartygen hanterar med egna kranar, endast hamnar på kajen men inte på rätt plats inom hamnområdet. För den vidare hanteringen från kajen måste därför truckar eller andra typer av hanteringsmaskiner användas för att positionera containrarna rätt inom det övriga hamnområdet.

För att begränsa kostnaderna vid mindre terminaler bör enkla och kostnadseffektiva hanteringslösningar eftersträvas. En möjlighet kan vara att fartygens besättningar sköter lastning och lossning från fartyg till kaj, oavsett vilken hanteringsutrustning som används. Vid upphämtning av containrar vid kaj bör vidare lastbilschaufförer eller lokförare tillåtas att sköta hanteringen från kaj till lastbil eller järnvägsvagn. Därmed kan behovet av särskild kaj- och/eller hamnpersonal, samt kostnaderna för dessa minskas. En truck med topplyftok skulle exempelvis kunna opereras av såväl fartygsbesättningar, som lastbils- och lokförare.

## 3 Potential för inlandsvattensjöfart

Sverige är av tradition en sjöfartsnation och en stor del av import- och exportflödet transporteras sjövägen. Däremot används sjöfart i begränsad omfattning för inrikes transporter och endast några få procent av de inrikes transporterna går idag med sjöfart. Sverige har en begränsad tradition av att använda sjötransporter inrikes mellan hamnar vid kusterna respektive av att utnyttja de inre vattenvägarna.

### 3.1 Regler för inlandsvattensjöfart i Sverige

Det finns ett samhällsintresse av att öka användningen av inrikes sjötransporter i Sverige. Därför har EUs regelverk om inlandsvattentrafik antagits även i Sverige från och med den 16 december 2014. Regelverket gör det möjligt att även i Sverige klassificera ett fartyg för inlandssjöfart enligt EU-direktivet. En avsikt med detta är att i Sverige skapa förutsättningar för en ny typ av sjöfart, jämförbar med den insjöfart som är etablerad i Centraleuropa. Där bedrivs det trafik med fartyg som är särskilt anpassade och klassificerade för att trafikera vattenområden (zoner) som antagits och godkänts som inre vatten. Fördelen med ett särskilt regelverk för inlandsvattensjöfart är att trafiken kan bedrivas med fartyg som är billigare, flexiblere och mer konkurrenskraftiga än fartyg av konventionellt utförande. De vattenområden som i Sverige har identifierats som inre vatten motsvarande de inre vattenområden som finns i Centraleuropa är Göta älv, Vänern och Mälaren (Transportstyrelsen, 2016).

Direktivet innefattar endast tekniska krav, det vill säga fartygsutformning och utrustning av fartyg. Regelverket i Sverige överensstämmer ännu inte till fullo med det som gäller för Centraleuropa. Att Sverige ratificerat EU-direktivet om tekniska krav och utrustning är en bra start men fler åtgärder krävs innan en effektiv inlandsvattensjöfart kan etableras i Sverige. Regelverket behöver dock harmoniseras mer mot det regelverk som finns i Centraleuropa främst avseende bemanningskrav, certifiering, lotskrav och farledsavgifter där de stora vinsterna finns.

En första frågeställning är hur en hållbar och kostnadseffektiv inlandsjöfart skall kunna etableras i Sverige samt hur fartygen i framtiden ska vara bemannade. Det är skillnad på att bemanna ett fartyg som går i traditionell sjöfart respektive ett fartyg som är avsett att trafikera skyddade vatten vid kortare sjöresor under en viss del av dygnet. Jämförelser av centraleuropeiska inlandsvattenfartyg med traditionella fartyg av motsvarande storlek har visat att traditionella fartyg har en besättning på cirka 10 man medan de inlandsvattenklassificerade fartygen har en besättning på 3 man.

Nästa fråga avser vilka lotskrav som kommer att ställs för inlandsvattenfartyg. Varje fartyg som trafikerar svenska vatten måste idag ha en av Sjöfartsverket godkänd lots ombord vid färd på inre svenska vatten, i skärgård eller inom hamnområden. Detta om inte befälhavaren har en lotsdispens vilken kan erhållas efter godkänd lotsexamen och efter ett visst antal godkända resor som mönstrad befälhavare med lots ombord i det aktuella området. I övriga Europa finns det inga krav på lots för inlandsvattenfartyg vilket skulle ha omöjliggjort användning av dessa fartyg. Även i Sverige skulle ett lotskrav utgöra ett problem främst utifrån lotsens kostnad och bristande tillgänglighet.

Den tredje förutsättningen gäller den farledsavgift Sjöfartsverket tar ut för varje fartyg som trafikerar svenska farleder och som till sin storlek bestäms av den sträcka som fartyget tillryggalägger i den aktuella farleden. Detta medför att mindre fartyg med liten last får betala lika mycket i farledsavgift som större fartyg, vilket innebär att det mindre fartyget får betala mer per transporterad lastenhet (Sjöfartsverket, 2016a).

## 3.2 Klassificering och zonindelning

EU har infört ett zonindelningssystem för klassificering av inlandsfarvatten som baseras på den genomsnittliga våghöjden för området. Zonindelningen påverkar hur de fartyg som ska trafikera farvattnet skall utformas och utrustas. Ett fartyg som har utformats och klassificerats för en zon får inte segla in i en zon där den genomsnittliga våghöjden är högre än i den zon som fartyget är klassificerat för. På en 4-gradig skala, där zon 4 är mest tillåtande och zon 1 är minst tillåtande, är Mälaren klassificerad som zon 3 med en uppskattad genomsnittlig våghöjd på 0,6 m. Ett inlandsklassificerat fartyg får inte gå ut i skärgårdar eller kustområden, oavsett zonklassificering, och kan därför endast trafikera Mälaren. En zongräns går i Hallsfjärden, utanför Södertälje hamns område, som i sin helhet är klassat som inlandsfarvatten. I Stockholm är vattenområdet fram till Fjäderholmarna klassat om inlandsfarvatten, det vill säga hela Stockholms hamnområde. Om ett inlandsvattenfartyg skall passera utanför dessa gränser måste det med nuvarande regler klassificeras som ett konventionellt fartyg.

SMHI har på Transportstyrelsens uppdrag utrett samtliga svenska kuststräckor och skärgårdsområden avseende våghöjder och zonindelning (Andersson, 2015). Underlaget har framtagits genom punktmätning och datasimulering och resultaten visar ett brett spektrum av våghöjder och zonindelningar i skärgårdarna och kustområdena. Enhetsklassat är hittills endast Mälaren, Väneren och Göta Älv.

### 3.2.1 Inlandsvattenfartyg

Ett inlandsvattenfartyg är i ett mindre lastfartyg, dock med några avgörande skillnader gentemot ett konventionellt fartyg. I Centraleuropa används små besättningar, 3 man räcker för relativt stora fartyg. Fartygen är befriade från lotskrav och befälhavaren ansvarar ensam för fartygets säkra framförande. De avgifter fartygen betalar är även mer harmoniserade mot de avgifter som betalas för transporter på väg och för järnväg.

Inlandsvattenfartyg är idag moderna fartyg ofta med högteknologisk utrustning, och inga pråmliknande, rostiga farkoster vilket är en tidigare förekommande bild. Såsom för traditionella fartyg indelas inlandsvattenfartyg i kategorierna, torrbulk, flytande bulk, container och ro-ro fartyg. Fartygen har oftast en längd på 100-150 m, en bredd på cirka 12 m och ett djupgående på 3-4 m men variationen är stor. Det är främst det begränsade djupgåendet, vilket möjliggörs av en flatbottnad köl, som är kännetecknet för ett inlandsvattenfartyg. Detta medför att fartygen kan trafikera, smala och grunda vattendrag och kan utgöra ett komplement till traditionell sjöfart då de inte behöver begränsas till traditionella farleder och större vattendjup. Denna studie utgår från den typ av moderna inlandsvattenfartyg som finns i Centraleuropa och som kan bli aktuella i Sverige. De minsta inlandsvattenfartygen lastar cirka 350 ton. De har en längd på cirka 40 m, bredd på 5 m och ett djupgående på cirka 2,5 m. Ett fartyg med denna storlek kan lätt ta sig fram på smala, mindre farvatten med begränsat vattendjup och lastkapaciteten motsvarar 8 svenska lastbilskepp och 13 europeiska dito.

### 3.2.2 Containerfartyg

Inlandsvattenfartyg för containertransporter kan delas in i mindre, medelstora och större fartyg. De mindre fartygen har en längd på cirka 50 m, bredd på 7 m och ett djupgående på upp till 2,5 m. Lastkapaciteten för ett mindre fartyg är cirka 25 TEU. Ett medelstort fartyg har en längd på 80-90 m, bredd på 11 m och ett djupgående på 3,5-4,5 m. Lastkapaciteten för ett medelstort fartyg är 80-150 TEU. De största containerinlandsvattenfartygen har en längd på 100-120 m, en bredd på 12-16 m, ett djupgående på 4,5-5,5 m och en lastkapacitet på 170-250 TEU (se figur 52).



Figur 52. Containerfartyg (Mercurius, 2016)

Vidare finns containerinlandsvattenfartyg av större storlek, vilka emellertid inte är användbara för trafik på Mälaren. De största inlandsvattenfartygens lastkapacitet är vidare jämförbar med mindre konventionella feederfartygs lastkapacitet, viken ofta uppgår till 300-500 TEU (van Dorsser, 2015a).

### 3.2.3 Torr bulk

Den enklaste fartygstypen är den kategori fartyg som transporterar bulk gods av olika slag såsom, sand, grus, sten eller annat material som kan lastas och lossas direkt i ett fartygs lastrum genom en lucka på väderdäck. Ett mindre bulkfartyg med en längd på 75 m, bredd på 8,6 m och ett djupgående på 3,5 m och med en lastkapacitet av 1 400 ton vilket motsvarar 33 svenska lastbils ekipage och 54 europeiska dito.

### 3.2.4 Flytande bulk

Flytande bulk är gods som transporteras i flytande form såsom olika slag av bränslen och kemikalier. Godset lastas direkt i fartygets lastrum där det kan tempereras under transporten. Vid lossning pumpas godset iland. Inlandsvattenfartyg som transporterar flytande bulk gods är vanligt förekommande och är ofta moderna fartyg med god manöverförmåga och dubbelskrov. I Centraleuropa anses transporter av flytande bulk med moderna inlandsvattenfartyg som säkrare än transporter med lastbil.

### Bogserbåtar och bogserbara lastbärare

Det som särskiljer ett ekipage bestående av bogserbåt och lastbärare (pråm) från fartyg som själva bär lasten är att pråmen kan kopplas loss och att framdrivning, styrning och besättning finns i ett mindre fartyg av bogserbåtsliknande karaktär. Vid transporter kan pråmen antingen kopplas efter bogserbåten eller tryckas framför denna. Pråmar är fristående enheter utan egen framdrivning som även kan kopplas ihop med varandra, antingen efter varandra på rad eller i bredd. En fördel med denna typ av sjötransporter är möjligheterna till en integration med landtransporter samt möjligheterna till en effektiv hantering av pråmar vid kajer och i hamnar.

En bogserbåt kan hantera flera pråmar som kan vara utplacerade och lastas och lossas utan att bogserbåten med besättning behöver finnas på plats. Exempelvis kan en full pråm lämnas varefter en redan lossad pråm kopplas till. Resursutnyttjandet av den mest kostnadsstyngda delen av systemet kan på detta sätt maximeras. En nackdel med denna typ av ekipage är en försämrad manövrerbarhet vilket kan orsaka problem vid smala passager eller skarpa krökar där god manövrerbarhet krävs. Det behövs även stora vattenytor och gott om plats om flera pråmar ska kunna kopplas samman. Ett ekipage med bogserbåt och pråm kan även ha svårare att ta sig fram i is.

## 4 Potential för regionala järnvägstransporter

### 4.1 Hantering av lastbärare i kombiterminaler

Omlastning av intermodala lastbärare mellan lastbil och järnvägsvagn sker vanligen enligt huvudprinciperna lyftande överföring eller horisontell överföring. Lyftande, även benämnd vertikal, överföring kan ske på följande sätt:

- Hantering med gaffeltruck
- Topplyft med hjälp av kran eller truck
- Griparmslyft med hjälp av kran eller truck

#### 4.1.1 Hantering med topptyftning och griparmslyft

Principen för topptyftning är att lyftanordningen greppar lastbärarens övre hörnlådor. Principen för griparmslyftning är att fällbara griparmar på kranens eller truckens lyftok greppar särskilda lyftbeslag som är permanent anbringade på en påhängsvagns eller ett växelflaks ramverk.

Vid hantering av stora lastbärare, med hjälp av topptyftok, griparmsok, eller kombinationsok som kan användas för både topptyftning och griparmslyftning, används vanligen portalkranar (se figur 53) eller tunga truckar. De tunga truckarna är vanligen av så kallad, lyftbomstyp, även benämnd reach-stacker, vilka har ett roterbart lyftok som är fripendlande upphängt i en utskjutbar lyftbom (se figur 54).



Figur 53. Topptyftning med portalkran vid Årsta kombiterminal (Jernhusen)



Figur 54. Griparmslyftning med en truck av typen reach-stacker (Coop)

### 4.1.2 Strategi för utveckling av terminalteknik

Det finns flera faktorer som är förknippade med stora kombiterminaler, vilka baseras på konventionell teknik såsom portalkranar eller reach-stackers, varigenom de är mindre lämpade för vissa typer av godsflöden och därför kan begränsa de intermodala transporterens konkurrenskraft. Ett stort hinder för intermodala transporter på korta och medellånga avstånd är tidsåtgången och kostnaderna för omlastning, vilka inte står i proportion till transportsträckan. Det finns främst två operativa förutsättningar som måste uppfyllas för att ett intermodalt tågssystem skall vara konkurrenskraftigt på korta och medellånga sträckor. Först måste utnyttjandet av tågets belägningsgrad optimeras längs dess rutt (Davidsson et al, 2007). Vidare måste omlastningssystemen vara tids- och kostnadseffektiva, vilket kan åstadkommas med hjälp av linjetågssystem.

För vissa intermodala flöden finns ett behov av att etablera kostnadseffektiva småskaliga kombiterminaler. Ett antal horisontella och vertikala omlastningstekniker har utvecklats under de senaste decennierna. Horisontella system möjliggör omlastning under kontaktledning och kräver mindre lyftkraft. Nackdelen är att de ofta kräver anpassning av enhetslaster eller chassin och är tekniskt komplicerade.

Det krävs en kostnadseffektiv omlastning för att ett regionalt linjetågssystem ska vara konkurrenskraftigt på en prispressad transportmarknad över korta och medellånga avstånd. Stora kombiterminaler är dyra i drift vilket nödvändiggör ett högt resursutnyttjande, vilket oftast leder till höga omlastningskostnader. En orsak är att terminalerna är dimensionerade för tunga containrar och trailers. Dessutom är en stor andel trailers inte lyftbara då de inte är utrustade med fästen för låsanordning, något som följaktligen begränsar marknaden för kombitransporter. Stora terminaler ställer även andra krav som mindre terminaler kan kringgå, såsom:

1. De kräver stora ytor som måste förstärkas för högre axellaster.
2. Många gånger krävs även dieseldrivna växlingslok då delar av terminalernas spår inte är elektrifierade, vilket innebär rangering av vagnar och tidsödande växlingsrörelser på områden där spårkapaciteten ofta är begränsad.
3. Terminalerna måste vara bemannade vilket innebär personalkostnader och begränsad tidmässig flexibilitet.
4. Terminalerna är utformade för de tyngsta lastbärarna såsom trailers (påhängsvagnar) och stora containrar.
5. Flertalet trailers kan inte hanteras med konventionella omlastningssystem dvs. de är inte lyftbara (lift-on lift-off/LOLO-enheter).

Ett stort antal omlastningstekniker har utvecklats under de senaste decennierna och utvärderats i flera studier såsom Woxenius (1998a och 1998b) samt Bärthel (2012a och 2012b). Men flera av dessa är tekniskt komplicerade och därmed dyrare än befintliga lösningar varför de saknar förutsättningar för ett kommersiellt genombrott. Alternativt måste lastbäraren modifieras vilket innebär ett slutet system med ett begränsat antal aktörer, vilket inte är i linje med det tilltänkta regionala logistiksystemet. Tre av de mest lovande teknikerna som hanterar standardiserade lastbärare har utvärderats i en tidigare studie (Kordnejad, 2016). Lämpligheten hos dessa omlastningstekniker baseras på följande kriterier:

- Terminalhanteringen bör medge lastning/lossning under strömförande kontaktledning i sidotågväg under vägen i linjetrafik
- Den bör vara tids- och kostnadseffektiv
- Den bör kunna implementeras i både små och stora terminaler
- Den bör tillåta att tåg och lastbil är tidsmässigt oberoende
- Den bör tillåta automatiserad omlastning

Hantering av trailers och hantering av containerar och växelflak ställer olika krav på hanteringsutrustning och vagnar. Flertalet trailers kan inte lyftas vid en terminal och därför möjliggör lösningar där trailern rullas på vagnen en ökad marknad. Ett exempel på en sådan lösning som kan användas i linjetåg är Kockums Megaswing-vagn (se figur 55). Transporter av containerar och växelflak ger i regel bättre transportekonomi än trailers eftersom taravikten blir lägre och vagnarna kan göras enklare. Däremot innebär ett val av containerar och växelflak, som lastbärare, att ett behov av trailerchassin för lastbilsdragningen uppstår, vilket medför att ytterligare en resurs måste hanteras i logistiksystemet.



Figur 55. Kockums Megaswing-vagn med möjlighet till överföring av påhängsvagnar (Kockums Industrier)

### 4.1.3 Hantering med gaffeltruck

För att kunna hanteras med en gaffeltruck måste en lastbärare vara utrustad med gaffeltunnlar. Dessa förekommer på containerar och växelflak med 20 fots underrede (C-klass). Denna typ av hantering kräver enklast möjliga utrustning på trucken samt medför ringa egenvikt för hanteringsanordningen. En nackdel med metoden är att lastbäraren lutar mot trucken när denna förflyttas för att undvika att lastbäraren glider av gaffeln. Lutningen av lastbäraren kan under ogynnsamma omständigheter medföra risker att lasten förskjuts i lastbäraren och/eller att lastbäraren skadas.

#### Lättkombi

Ett exempel på gaffeltrucksbaserat system är *Lättkombi*, som är en av få genomförda exempel i Sverige på intermodala linjetågssystem för gods (se figur 56).



Figur 56. Lättkombisystemet implementerat i pilotprojektet Dalkullan (Axfood)

Konceptet härrör från Japan och JR freight's system *Effective and Speedy (E&S)*. Mellan 1998-2001 implementerades Lättkombikonceptet i pilotprojektet, *Dalkullan*, för transporter mellan grossisten Dagabs lager och dagligvarukedjan Hemköps butiker, vilka ingår i samma företagsgrupp, Axfood. Transporterna bestod av distribution av varor från Dagabs lager i Borlänge till 37 av Hemköps 100 butiker. I april 2001 fick projektet ett abrupt slut och i en studie undersöktes om nedläggningen förorsakades av tekniska, logistiska, ekonomiska eller andra brister i systemet (Bärthel et al, 2003). Studien visade att systemet fungerade bra både tekniskt och logistiskt. Lokförarna var även positiva till deras tillkommande uppgift med lastning och lossning av växelflak med hjälp av en gaffeltruck som fanns ombord på tåget.

Omlastningen av växelflak under kontaktledning fungerade bra med den enkla procedur som gaffeltruckarna erbjöd. Även ur ett logistiskt perspektiv fungerade systemet väl. Trafiken innefattade bland annat avstopp på mellanliggande obemannade terminaler, vilka uppgick till 15-30 minuter. En slutsats av undersökningen var att nedläggningen av projektet främst grundades på organisatoriska och affärsrelaterade faktorer. Marknadsföringen var bristfällig och otillräckliga volymer genererades. 2001 uppdelades det affärsverket SJ i olika bolag där godstransporterna övertogs av Green Cargo (GC). För att uppnå konkurrenskraft inledde GC en rationaliseringsprocess med besparingar och en fokusering av verksamheten mot vagnslasstrafik och systemtåg.

Sammanfattningsvis hade systemet följande egenskaper:

- Terminaler i sidotågväg
- Korta stopp (15-30 minuter)
- Max 25 tons lastbärarvikter med, containerer och växelflak klass C
- Lastning och lossning med gaffeltruck under kontaktledning
- Tåg- och lastbilstransporterna är oberoende av varandra
- Lokföraren kunde köra trucken

## E&S

Systemet i Japan *E&S (Effective and Speedy)* är däremot fortfarande i drift och *Super liner container express service* har etablerade länkar med mellanliggande terminaler mellan Japans storstäder (se figur 57).



Figur 57. Omlastning av containrar med gaffeltruck vid Tokyo Freight Terminal, Shinagawa, Tokyo (Kordnejad, 2015)



Systemet har senare ändrats från lastning och lossning på sidospår till lastning och lossning på huvudspår (se Figur 58). Tågen stannar för lossning och lastning vid en plattform, varifrån de även avgår. Detta minskar terminaltiden och därmed tågets totala omloppstid. E & S är implementerat vid 26 godsterminaler i Japan.

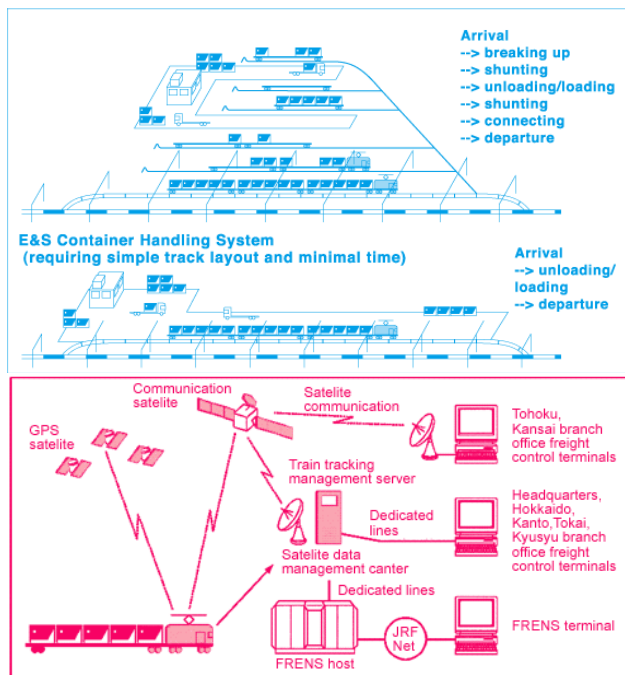
Systemet hanterar 10 fots containrar vilket innebär en ökning i antalet överföringar. Å andra sidan är överföringskostnaden per enhet låg jämfört med exempelvis topplyftning eller griparmslyftning. Dessutom erbjuder 10 fots containrar större möjligheter att fylla lastbärarna och ett mindre konsolideringsarbete för att fylla upp respektive enskild lastbärare vid godsmängder som understiger kapaciteten hos en enskild lastbil (LTL). Detta minskar hanteringskostnaderna och öppnar även marknaden för mindre varuägare. Exempelvis används systemet för citydistribution till småbutiker samt även av privatpersoner vid flytt av exempelvis möbler.

Några andra viktiga faktorer som möjliggör en effektiv drift av det nya systemet är den kompakta utformningen av terminalerna, frekventa uppgraderingar i maskineriet samt ett välstrukturerat informationssystem som vägleder gaffeltrucksoperatören (Okumura, 2005).

**E&S(Effective & Speedy)  
Container Handling System**

Trains can be loaded and unloaded without having to be shunted into sidings, thereby minimizing the time needed to move rolling stock. Loading is no longer subject to tight time constraints because containers can be loaded right up until the train departs, greatly enhancing the efficiency of container transport.

E&S=Effective&Speedy Container Handling System



Figur 58. Utformning av terminal samt informationssystem för JR Freight's intermodala transportsystem E & S (JR Freight)

#### 4.1.4 Horisontell överföring

Grundprincipen vid direktöverföring är att lastbäraren skjuts eller rullas mellan en lastbil och en järnvägsvagn. Ett exempel är Innovatrains *ContainerMover* som är i drift i Schweiz och används av bland andra Schweiziska Coop (se figur 59). I systemet skjuts standardiserade 20 fots växelflak och containrar i sidled mellan en järnvägsvagn och en lastbil.



Figur 59. Innovatrains omlastningssystem ContainerMover vid Oensingen, Schweiz (Kordnejad, 2014)

Systemet klarar hantering av standardiserade lastbärare men kräver dock en påbyggnad i form av en hanteringsutrustning på lastbilschassit samt en modifiering av järnvägsvagnarna för att passa bilarnas överföringsutrustning. Utrustningen på lastbilarna innebär en ökning av taravikten med ca 2 ton och reducerar därmed lastkapaciteten. Hydrauliska stolpar används vid terminalerna för mellanlagring av lastbärare och när lastöverföringen mellan transportslagen inte har kunnat synkroniseras, erbjuds en högre grad av flexibilitet i verksamheten.

Under ett studiebesök och möte med operatören och bland annat Schweiziska transportmyndigheter framkom att nyckeln till systemets konkurrenskraft inte enbart var relaterat till tekniska och logistiska faktorer kopplat till omlastningstekniken. En viktig faktor var även det strikta regelverk som gäller för lastbilstrafik i Schweiz vilket påverkar konkurrenssituationen mellan transportslagen. Exempel på sådana åtgärder är förbud mot lastbilstrafik nattetid. Jämfört med flertalet andra europeiska länder råder i Schweiz begränsningar av tillåtna vikter och dimensioner för lastbilar. Vidare har en särskild vägskatt införts för tunga lastbilar.

## 4.2 Terminallägen för små kombiterminaler

För att ett hållbart logistiksystem ska kunna förverkligas i regionen krävs förutom lämpliga trafikeringssupplägg en väl fungerande infrastruktur och en terminalstrategi med en blandning av några stora intermodala terminaler och flera små *hållplatser* även i centrala lägen. En hypotes i denna studie har varit att linjetågssystemets tåg kan göra uppehåll för omlastning vid både små och stora kombiterminaler.

Då de mellanliggande stoppen i det tänkta linjetågssystemet är belägna på korta och medellånga inbördes avstånd, är det väsentligt att utforma ett kostnadseffektivt system som kan utgöra ett konkurrenskraftigt och realistiskt alternativ till direkta transporter med lastbil. En nyckel till detta, baserat på studier kring intermodala linjetågssystem, är att utnyttja mindre och mer kostnadseffektiva omlastningsplatser eftersom främst omlastningskostnaden är en viktig faktor för kombitransporters konkurrenskraft. Små terminaler kan lokaliseras på platser där uppställningsytor och sidospår i järnvägsnätet redan finns eller där det finns en möjlighet för tillbyggnad av dessa.

### 4.2.1 Förutsättningar för etablering av små kombiterminaler

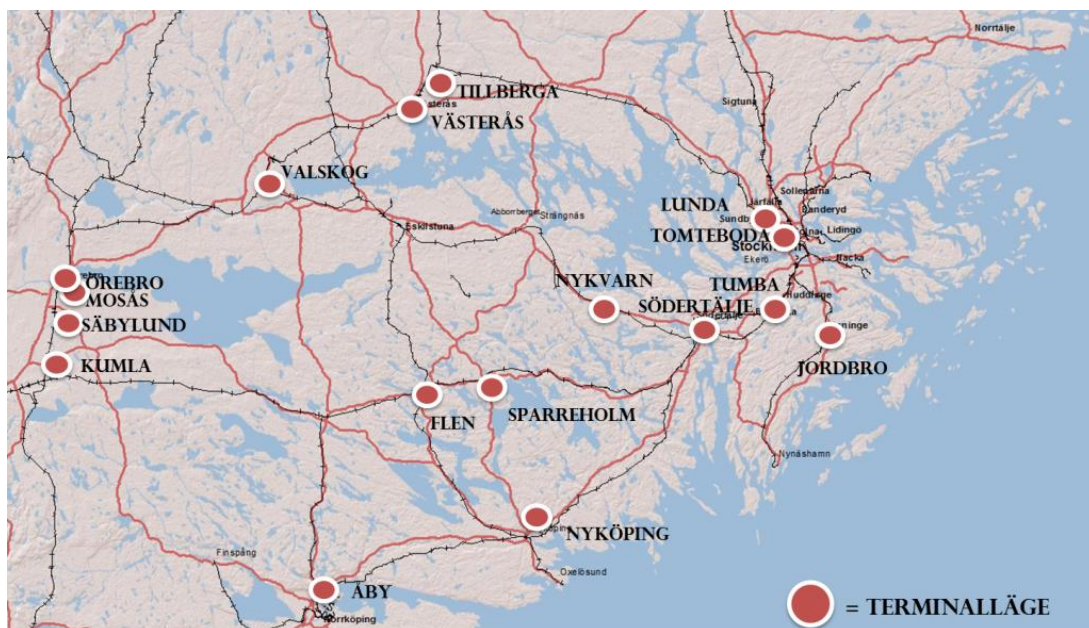
Det finns platser i regionen som är lämpade för små terminaler med möjlighet till tillbyggnad av sidospår och uppställningsytor och där omlastning av enhetslastat gods kan ske mellan järnväg och väg. Som en del av förstudien till Lättkombiprojektet, genomfördes en inventering av lämpliga terminallägen i Sverige (Johansson, 1998).

Lämpligheten bedömdes enligt följande kriterier:

1. Spårtekniska förutsättningar
2. Lokalisering i Järnvägsnätet
3. Lokalisering relativt den lokala marknaden
4. Tillgänglighet för lastbilar
5. Störningskänslighet för omgivningen
6. Byggbarhet – spår
7. Byggbarhet – markanläggningar i övrigt

#### 4.2.2 Tidigare utredning om terminallägen

I Mälardalen och strax söder därom, det vill säga i delar av Södermanlands, Örebro och Östergötlands län, fanns vid tidpunkten för förstudien inför Lättkombiprojektet ett stort antal möjliga terminallägen (Johansson, 1998). Av dessa bedömdes vissa platser som lämpliga (se figur 60 samt tabell 25). Uppsala län var ej aktuellt i studien.



Figur 60. Lämpliga terminallägen för små kombiterminaler

#### Stockholms län

I Stockholms tätortsområde föreslogs ett centralt terminalläge vid den dåvarande rangerbangården i Tomteboda. Vidare föreslogs en terminal i Västerort, vid Lunda, nära Spånga station samt söder om centrum i Tumba. I Södertäljeområdet föreslogs terminaler i Södertälje Hamn samt Nykvarn.

#### Västmanlands län

I Västmanlands län föreslogs terminallägen inom Västerås tätort eller norr därom i Tillberga, samt Valskog, mellan Arboga och Köping.

#### Södermanlands län

I Södermanlands län föreslogs terminallägen i Flen eller Sparreholm, längs Västra stambanan samt i Nyköping.

#### Örebro län

I Örebro län diskuterades ett centralt terminalläge i Örebro eller lokaliseringar söder om Örebro i Kumla, Mosås eller Säbylund.

## Östergötlands län

I Östergötlands län föreslogs lokalisering av en terminal till Åby, som hittills varit en förgreningsstation strax norr om Norrköping. I verkligheten kom terminalen för Lättkombiprojektet att lokaliseras till centrala Linköping.

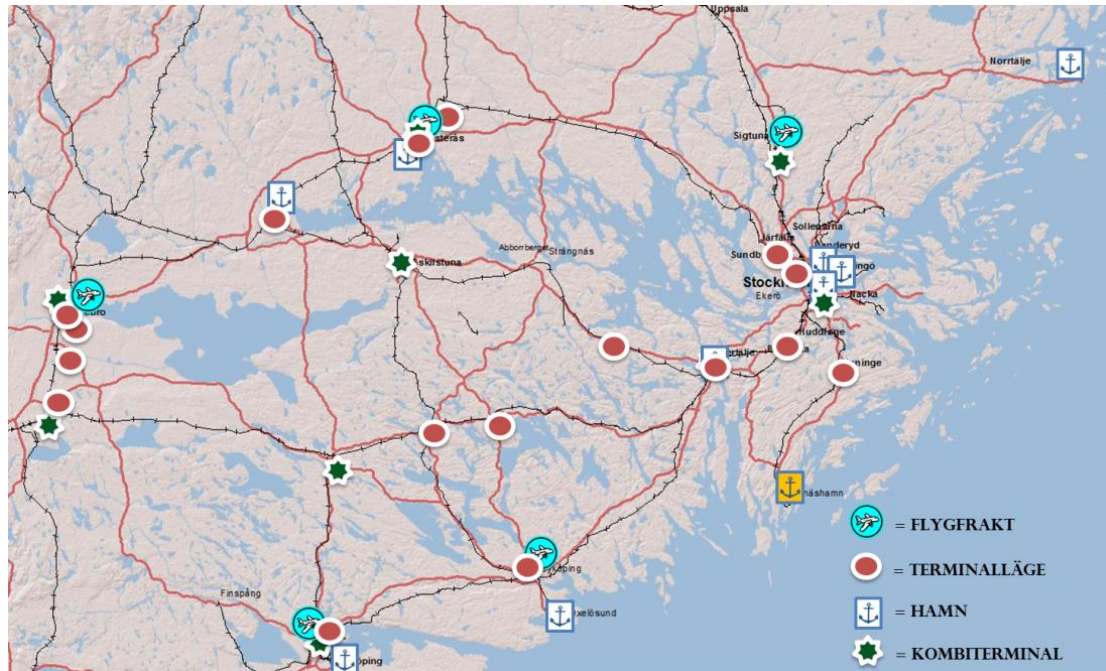
Tabell 25. Lämpliga terminallägen för små kombiterminaler

Stockholms län	Östergötlands län
1. Tomtebodav	10. Åby
2. Lunda	<b>Södermanlands län</b>
3. Jordbro	11. Flen
4. Tumba	12. Nyköping
5. Nykvarn	13. Sparreholm
6. Södertälje Hamn	<b>Örebro län (Närke)</b>
<b>Västmanlands län</b>	14. Kumla
7. Tillberga	15. Mosås
8. Valskog	16. Säbylund
8. Västerås	17. Örebro

En uppdaterad inventering vore emellertid önskvärd i en fortsättningsstudie. Detta för att säkerställa att dessa platsers lämplighet fortfarande är giltig.

### 4.2.3 Slutsatser om terminaltableringar

Ansatsen i denna studie har varit att linjetågssystemet tekniskt kan göra uppehåll vid både små och stora kombiterminaler, i en regional terminalstruktur (se figur 61).



Figur 61. Den regionala terminalstrukturen inklusive lägen för små kombiterminaler

Fjärrtrafiken till de stora kombiterminalerna kan dessutom utnyttja linjetågssystemet för distribution och uppsamling inom regionen, till och från små kombiterminaler.

Fler terminaler att tillgå innebär fler potentiella stopp för linjetågssystemet och därmed kan det uppnå en högre täckning av marknaden och en högre fyllnadsgrad för tåget. Dessutom minskas matartransporter på väg då omlastningsterminalerna är belägna närmare de intermodala transporternas respektive start- och målpunkter.

## 5 Scenarion

Ett mål med denna förstudie har varit att kartlägga möjligheter och förutsättningar för ett regionalt logistiksystem som baseras på inlandsvattensjöfart och/eller kortväga regionala järnvägstransporter. Containerar och andra lastbärare för enhetslastat gods, såsom trailers, även benämnda påhängsvagnar, är i detta avseende väl lämpade för att användas i ett intermodalt logistiksystem där sjöfart och järnvägstransporter kan ingå.

Scenarion har ansatts inom de områden där det bedömts finnas potential att kombinera inlandsvattensjöfart respektive regionala intermodala järnvägstransporter. Scenariona har bland annat innefattat hur containertransporter med inlandsvattensjöfart kan drivas mellan den nya hamnen Norvik och centrala Stockholm, norra Storstockholm respektive Västeråsområdet. Scenarion avseende regionala järnvägstransporter har ansatts mellan Stockholmsområdet och bland annat Katrineholm Eskilstuna och Örebro, orter utan direktkontakt med Mälaren och till inlandsvattensjöfart. Sjöfarts- och järnvägspendlar har studerats mellan Stockholm och Västerås respektive Örebro.

### 5.1 Förutsättningar för scenarion

Ett antal scenarion som baseras på vissa givna transportupplägg och förutsättningar för dessa har skapats. Exempelfartyg och referenståg, har använts i ansatserna och har jämförts med alternativet direkta vägtransporter. I jämförelserna har dessa alternativs förutsättningar avseende kapacitet, energianvändning och miljöpåverkan analyserats.

#### 5.1.1 Fartyg

I förstudien har som exempelfartyg använts ett existerande fartyg som är möjligt att använda på Mälaren på grund av dess konstruktion och storlek (se figur 62). Fartyget är 86 m långt 11,5 m brett samt har ett djupgående på 3,5 m (Mercurius, 2015). Den lastkapacitet som är aktuell att utnyttja i scenariorna uppgår till 95 TEU, och erhålls när containrarna lastas i 3 lager (3 i höjd), vilket bedömts vara aktuellt vid trafik i Mälaren. Fartygets bredd är vidare anpassad för att lasta 4 containrar i bredd till skillnad från flertalet containerfartyg för insjöfart i Centraleuropa vilka ofta är en knapp halvmeter för smala för att kunna lasta 4 containrar i bredd.



Figur 62. Exempelfartyg (Bild: Mercurius)

Fartygets maximala lastkapacitet uppgår till 122 TEU, vilket emellertid förutsätter att containrarna lastas i 4 lager (4 i höjd), och att fartyget samtidigt uppfyller gällande stabilitetskrav. Detta har dock inte varit aktuellt i de scenarion som ansatts i denna studie. Den maximala lastvikten för fartyget är 1 600 ton (van Dorsser, 2015b).

Fartyget har en egen lasthanteringsutrustning i form av en lastkran midskepps som kan svängas 360° och utföra 20 lyft/timme (Mercurius, 2015). En fördel med detta är ett oberoende av utrustning i hamnarna för lastning och lossning.

45 fots pallet wide containrar är en typ av lastbärare som väntas bli mer vanlig i Skandinavien (van Dorsser, 2015b). Om fartygets lastutrymme breddas ytterligare kan 4 rader med 45 fots pallet wide containers kan lastas i bredd och 3 i höjd, vilket innebär att fartyget kan lasta 43 lastbärare av denna typ (Ibid.).

Fartyget har en servicefart på 8-9 knop (15-17 km/h) och maskineriet består av två maskiner på 650 kW vardera och bränsleåtgången är cirka 160 liter i timmen vid en fart av 8,5 knop. Om farten minskas till 5 knop blir bränsleåtgången cirka 50 liter i timmen. Detta innebär att bränsleförbrukningen kan reduceras till en tredjedel om en lägre hastighet väljs istället för servicefart (van Dorsser, 2015b).

Fartygets höjd över vattenytan, eller fria höjd, uppgår till 6,5 m vilket måste beaktas vid planering av färdvägar och vid passage under broar. I de aktuella scenarierna utgör inte fartygets fria höjd någon begränsning. Fartyget har ingen isklassificering men förväntas kunna klara lätta isförhållanden (Mercurius, 2015).

### 5.1.2 Referenståg

För utvärdering och i beräkningssyfte har referenståg använts. Två typer av tåg som kan användas för regional intermodal trafik inom Mälardalen har presenterats med avseende på sammansättning, storlek och gränssnitt mot infrastrukturen (se tabell 26).

Tabell 26. Sammansättning av referenståg för trailers respektive containrar

<b>Referenståg för:</b>	<b>trailers</b>	<b>containrar</b>
<b>Loktyp</b>	BR 185 (DB) / Re (GC) / (Bombardier TRAXX)	
Drivmedel/energiförsörjning	eldrift	
Effekt (kW)	5 600	
Axlar/lok (axelföljd)	4 (Bo'Bo')	
Vikt (ton)	82	
Axellast (ton)	20,5	
Längd över buffertar (m)	18,9	
<b>Vagnar (vagntyp/littera)</b>	<b>Megaswing DUO</b>	<b>Sggrss 80'</b>
Antal vagnar per tåg	11	14
Axlar/vagn	6	6
Max bruttovikt/vagn (ton)	135	135
Taravikt/vagn (ton)	38	28
Nyttolast (ton)	97	107
Antal lastbärare (LB) per vagn	2 (trailers)	4 (TEU)
Lastlängd (fot)	90 (2 x 13,6 m)	80
Lastlängd (m)	27,59	24,52
Total längd (m)	34,03	26,7
Energiförbrukning (kWh/bruttoton-km)	0,016	0,0152
<b>Lastbärare – LB (typ)</b>	<b>Trailer (påhängsvagn)</b>	<b>Container (20 fot)</b>
Taravikt/LB (ton)	15,9	2,3
Lastvikt/LB (ton)	26,0	9,8
Bruttovikt per lastbärare (ton)	41,9	12,0
<b>Tåg</b>		
Taravikt (ton)	500	474
Tåglängd (m)	393,2	392,7
Kapacitet (antal lastbärare/LB)	22	56
Genomsnittlig belägningsgrad (LB)	80 %	80 %
Lastbärare/antal tågsätt (LB)	18	45
Tågets nyttolast	468	439
Tågets bruttovikt	1 254	1 014
Axlar per tåg	70	88

Referenståget utformades utifrån ansatsen att kunna erbjuda så flexibla operationer som möjligt utan att maximera tåglängden (Kordnejad, 2016). Tåglängden är i Sverige maximerad till ca 630 m, men diskussioner pågår om att öka denna, i ett första steg till 750 m i vissa stråk. Även en tåglängd på 1 050 m diskuteras. Den valda tåglängden, på knappt 400 m, är en kompromiss mellan en tåglängd som maximerats för att uppnå stordriftfördelar och kostnadseffektivitet och en strävan efter en hög avgångsfrekvens.

Referenståget för containrar består av ett lok och 14 intermodala vagnar av typen Sgrrs 80'. Tågets bruttovikt blir 1 014 ton och dess längd 393 m. Referenståget för trailers består av ett lok samt 11 Megaswing DUO-vagnar, vilka endast är avsedda för trailers. Tågets bruttovikt blir till 1 254 ton och längden till 393 m. Beläggningsgraden relaterat till andel lastade lastbärare antas vara 80 % för båda typerna av referenståg.

I ett regionalt transportsystem prioriteras den flexibilitet som en hög avgångsfrekvens erbjuder. Det är även enklare att maximera ett kortare tågs beläggningsgrad och att minska tiden för omlastning vid terminal och tåghantering. Detta genom att använda kostnadseffektiva omlastningssystem samt att undvika trafikupplägg som kräver en frekvent rangering av vagnar, vilket ofta är fallet vid terminaler med kort spårlängd.

## 5.2 Ansatser – aktuella upplägg

Följande framtidsscenario och upplägg för jämförelser har ansatts för transporter till och från hamnen i Norvik och Stockholmsområdet respektive inom Mälardalen:

- Containertransporter mellan Norvik och nordvästra Storstockholmsområdet
  - Sjöfartsupplägg mellan Norvik och Bålsta
  - Järnvägsupplägg mellan Norvik och Rosersberg
- Transporter av enhetslaster mellan Västerås och centrala Stockholm
  - Sjöfartsupplägg mellan Värtahamnen och Västerås
  - Järnvägsupplägg mellan centrala Stockholmsområdet (Stockholm Årsta) och Västerås med mellanliggande uppehåll i Bro och Enköping
- Ett kombinerat upplägg mellan centrala Stockholm och delar av Mälardalen
  - Sjöfartsupplägg mellan Värtahamnen och Västerås
  - Järnvägsupplägg mellan Stockholm Årsta och Örebro, med uppehåll i Tumba, Södertälje, Nykvarn, Eskilstuna, Katrineholm och Hallsberg
- Ett kombinerat upplägg mellan Norvik och övriga Mälardalen
  - Sjöfartsupplägg mellan Norvik och Köping, med mellanliggande uppehåll i Värtan, Bålsta, och Västerås
  - Järnvägsupplägg mellan Norvik och Örebro, med uppehåll i Stockholm Årsta, Tumba, Nykvarn, Eskilstuna, Katrineholm och Hallsberg.

### 5.2.1 Containertransporter mellan Norvik och nordvästra Storstockholmsområdet

#### Geografisk beskrivning

Scenariots utgångspunkt var hur det förmodas se ut när den nya storhamnen i Norvik står klar och stora containermängder skall hanteras och transporteras. I detta scenario fokuseras på distribution av containrar i och kring Storstockholm och avsikten är att de tre alternativen, lastbiltransporter, inlandsvattenfartyg och järnväg jämförs.

#### Inlandsvattenfartyg

För ett upplägg med inlandsvattenfartyg ansattes rutt, vilken i en första etapp, mellan Norvik och Värtahamnen, passerade genom Stockholms södra skärgård (se figur 63).

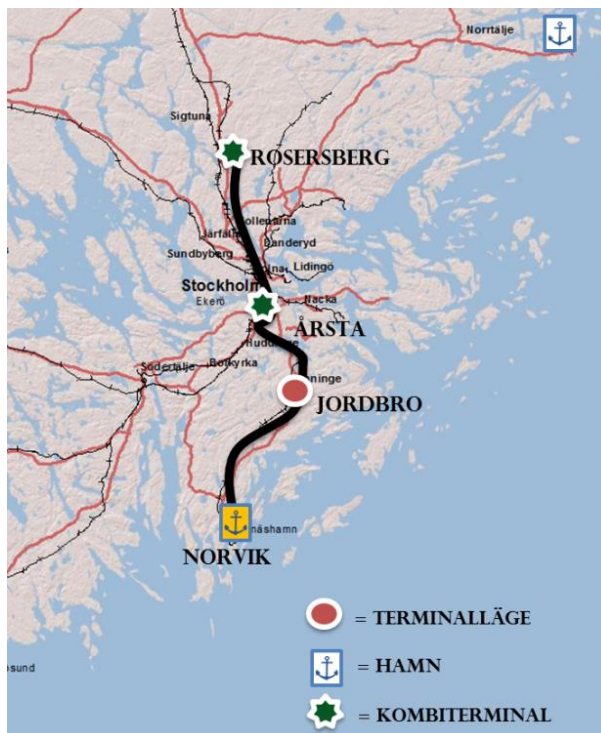


Figur 63. Föreslagen rutt för inlandsvattenfartyg från den nya containerhamnen i Norvik till centrala Stockholm och nordöstra Stockholmsområdet

Rutten fortsatte sedan in i Mälaren genom Hammarby sluss och vidare mot Bålsta. Alternativet att gå från Norvik till Södertälje och istället ta vägen till Stockholm och Värtahamnen via Mälaren bedömdes som mindre lämpligt eftersom rutten, mellan Norvik och Södertälje, i så fall måste läggas söder om Landsort. Detta skulle ha komplicerats av att vattenområdet söder om Landsort är att betrakta som öppet hav och därmed inte kan klassas som inlandsvatten vilket, till skillnad från den övriga skärgården, skulle ha försvårat användning av inlandsvattenfartyg (Andersson, 2015).

### Järnväg

Med järnväg föreslås en rutt mellan Norvik och Rosersberg (se figur 64).



Figur 64. Föreslagen hamnpendel från den nya containerhamnen i Norvik



Ett första uppehåll på denna rutt föreslås i Jordbro vilket är ett logistikområde och en företagspark, med järnvägsförbindelser. Jordbro logistikpark och industriområde är vidare det idag största målområdet för containergods från Stockholms frihamn (se avsnitt 2.1.4 – *Stockholms Hamnar*). Jordbro förmodas dessutom att öka i betydelse som logistikområde när containerhamnen i Norvik etableras, varvid även godsflödena mellan hamnen och Jordbro förutspås öka (Wasberg, 2016).

Vidare föreslås ett uppehåll vid Årsta kombiterminal, nära Stockholms centrum.

### Godsmängder

Till Stockholms frihamn anländer cirka 55 000 TEU/år med fartyg. I detta scenario antas vidare att nuvarande godsmängder till Södertälje Hamn på 26 000 TEU/år kommer att minska eller försvinna och att detta gods istället överflyttas till Norvik. Om de nuvarande godsmängder som anländer med fartyg till Södertälje och Stockholms frihamn sammanläggs erhålls en containermängd på 81 000 TEU/år.

Den nya hamnen i Norvik byggs för att hantera väsentligt större containermängder än vad Södertälje Hamn och Stockholms frihamn tillsammans klarar och kommer att kunna hantera 500 000 TEU/år vilket innebär en stor kapacitetsökning (Widerstål, 2016). Detta eftersom de framtida godsmängderna till Mälardalen förväntas öka samt att större fartyg kommer att kunna hanteras i Norvik än vad hamnarna i Stockholm och Södertälje idag klarar. Större fartyg förväntas även generera större godsmängder. Containerhamnen i Helsingfors, vars geografiska förutsättningar och kapacitet i stort överensstämmer med Norvik, hanterade 430 000 TEU under 2015 (Port of Helsinki, 2016). En orsak till att större fartyg förväntas anlöpa Norvik är att rederierna på så sätt kan transportera större godsmängder till Ostkusten sjövägen än vad som hittills skett.

I scenariona är ansatsen att Norvik förväntas hantera 200 000 TEU/år. Minst hälften av godsmängden förväntas att transporteras mellan hamnen och mottagare eller avsändare inom regionen med lastbil. Idag utgår från Stockholms frihamn lastbilar med container vilka sprids inom en radie av 100 km från hamnen, enligt samma mönster som förväntas ske kring Norvik.

### Jämförelsealternativ

I jämförelsealternativet beskrivs ett scenario utan inlandsvattenfartyg respektive järnvägstransporter där de regionala transporterna istället utförs med lastbilar, till och från Norvik. För att kunna jämföra alternativen lastbil och inlandsvattenfartyg studeras alternativet med lastbilstransporter mellan Norvik och jämförelsepunkterna i centrala Stockholm respektive Bålsta och för transportkombinationen lastbil och järnväg mellan Norvik och Jordbro, Årsta respektive Rosersberg (se tabell 27).

Tabell 27. Tidsåtgång för lastbilstransporter till och från Norvik

	Körsträcka (km)	Tid (minuter)
Norvik – Stockholm	55	40 - 100
Norvik – Bålsta (via Essingeleden)	100	90 - 150
Norvik – Rosersberg (via Jordbro, Årsta)	100	90 - 150

Sträckan till centrala Stockholm från Norvik är 55 km lång och den effektiva körtiden med lastbil uppgår till cirka 40 minuter. Vid tät trafik antas tidsåtgången öka med ytterligare 60 minuter för att köra samma sträcka. Tiden för en transport mellan Norvik och centrala Stockholm antas därför variera mellan 40 och 100 minuter.

För en lastbilstransport mellan Bålsta och Norvik är den effektiva körtiden är cirka 90 minuter. Beroende på trafikläget kan körtiden öka med 60 minuter. Transporttiden mellan Norvik och Bålsta antas därför i studien variera mellan 90 och 150 minuter.

### Utredningsalternativ

#### *Intermodal järnvägstransport: Hamnpendeln Norvik – Rosersberg*

För en hamnpendel från Norvik ansätts en rutt där det första uppehållet görs i Jordbro. Vidare görs ett uppehåll vid Årsta kombiterminal för att ge anslutningsmöjligheter söderut och västerut. Slutpunkten är kombiterminalen i Rosersberg, där anslutningar norrut kan etableras. Vid Rosersberg vänder tåget och färdas därefter åter mot Norvik med mellanliggande uppehåll i Årsta och Jordbro.

Enligt ett förslag till tidtabell avgår tåget från Norvik vid 22-tiden för att med en omloppstid på 7 tim och 33 min beräknas vara tillbaka i Norvik vid 5.30-tiden (se tabell 28). Dagtid är ytterligare ett omlopp möjligt men trafikering bör undvikas under lokaltågens rusningstider (kl. 06-09 och kl. 16-19).

Tabell 28. *Föreslagen tidtabell för hamnpendeln mellan Norvik containerhamn – Rosersberg kombiterminal*

Terminal	Sträcka (km)	Transporttid	Hanteringstid	Tid för riktningförändring	Total terminaltid	Ankomst	Avgång
Norvik	0,0		01:00:00	00:00:00	01:00	21:00	22:00
Jordbro	30,0	00:25:43	00:30:00	00:00:00	00:30	22:25	22:55
Årsta	54,8	00:46:57	01:00:00	00:00:00	01:00	23:42	00:42
Rosersberg	92,2	01:19:00	01:00:00	00:30:00	01:30	01:14	02:44
Årsta	129,5	01:51:02	01:00:00	00:00:00	01:00	03:16	04:16
Jordbro	154,3	02:12:16	00:30:00	00:00:00	00:30	04:37	05:07
Norvik	184,3	02:37:59	01:00:00	00:30:00	01:30	05:33	
<b>Medelhastighet</b>	<b>70</b>						
<b>STH</b>	100						
<b>Tid</b>	07:33						
<b>Längd (km)</b>	184						

Den totala terminaltiden per stopp består av tidsåtgång för att lyfta av och på lastbärare (ca 30 min) samt i vissa fall tid för växling av vagnar och riktningförändring av tåget (ca 30 min vardera). I en sammanställning har tiderna för omlastning och växling satts till 60 min, denna tid borde gå att minska till ca 30 min per stopp i likhet med lättkombisystemet (se avsnitt 4.1 – *Hantering av lastbärare i kombiterminaler*).

Växling av vagnar bör undvikas. Ett problem är dock att Rosersberg är utformad som en så kallad säckterminal till vilken infart endast kan ske norrifrån. Detta medför att tid för riktningbyte av tåget bör planeras in. Alternativt måste växellok användas.

#### *Inlandsvattenfartyg: Norvik – Värtahamnen– Bålsta via skärgården*

Enligt detta scenario etableras en slinga med inlandsvattenfartyg mellan Norvik, Värtahamnen och Bålsta via skärgården.

Genom skärgården finns det två alternativa sträckningar, antingen en kortare väg genom Baggensstäket eller en längre väg runt Värmdölandet. Eftersom vägen genom Baggensstäket bitvis är smal och svårpasserad ansätts den längre mer lättnavigerade sträckningen som utgår från Norvik och via Stavsnäs och Sollenkroka ankommer till Värtahamnen för ett första anlop. Inpassering i Mälaren sker sedan genom Hammarby sluss för vidare färd till Bålsta.

Exempelfartyget kan antingen framföras i en servicefart på 8-9 knop, eller framföras i lägre fart vilket medför en väsentligt lägre bränsleförbrukning. Om fartyget framförs i en fart av 5 knop kan bränsleåtgången minska med upp till två tredjedelar. I scenariot jämförs därför tidsåtgång och energiförbrukningseffekter mellan ett alternativ med servicefart och ett alternativ med låg fart.

I den totala tiden för sjötransporten inräknas även tiden i hamn vilken är uppdelad i förtöjnings- och operationstid. Förtöjningstiden är den tid det tar att manövrera fartyget till kaj och förtöja samt den tid det tar att göra loss fartyget och avgå. Den totala förtöjningstiden är beräknad till en halvtimme. Operationstid är tiden för lastning och lossning, från att fartyget är förtöjt tills dess att den första trossen görs loss. För beräkning av operationstiden måste lastnings- och lossningstider ansättas. I scenariot antas att fartyget vid avgång från Norvik har full last det vill säga 95 TEU eller 43 containrar. Vid varje hamnanlöp antas var tredje lastbärarenhet hanteras, både lastade och tomma. Ett antagande är därför att 32 TEU hanteras vid varje anlöp.

Fartygets lastkran antas utföra lastning och lossning och klarar, enligt specifikationen, 20 lyft i timmen vilket medför att varje lyft tar 3 minuter. Under 2014 och 2015 ankom till Stockholms Hamnar 50 % fler TEU än antalet hanterade lastbärare (Sveriges Hamnar, 2016). En slutsats av detta är att hälften av lastbärarna utgjordes av korta, 20 fots, eller klass C, enheter (1 TEU) och en lika stor andel längre enheter, av minst 40 fots längd, eller klass A (2 TEU). Ett antagande är att även lastbärarna i insjöfarten är lika fördelade mellan långa och korta enheter. 32 TEU motsvarar därför 21-22 lastbärarenheter. I en obruten hantering blir operationstiden därför 64 minuter.

Om yttre faktorer inräknas är en bedömning att en lastnings- och lossningsoperation tar ytterligare cirka 15-16 minuter, det vill säga en total operationstid på 80 minuter. Detta medför att den totala hamntiden beräknas uppgå till 110 minuter, eller 1,8 timmar (se tabell 29).

Tabell 29. Sammanställning av tid för att avverka en slinga med olika hastigheter

	Distans (km)	Tid (timmar)	
		Servicefart (8-9 knop)	Låg fart (5 knop)
Hamntid (Norvik)		1,8	1,8
Norvik – Värtahamnen	117	7,5	12,5
Hamntid (Värtahamnen)		1,8	1,8
Värtahamnen – Bålsta	63	5,0	7,0
Hamntid (Bålsta)		1,8	1,8
Bålsta – Värtahamnen	63	5,0	7,0
Hamntid (Värtahamnen)		1,8	1,8
Värtahamnen – Norvik	117	7,5	12,5
Totalt (Slusstid inräknad i delsträckor)	360	32,2	46,2

Sjövägen mellan Norvik och Värtahamnen i Stockholm är 117 km, eller 63 nautiska mil. Med en snittfart av 8,5 knop avverkas denna sträcka på 7,5 timmar. Mellan Värtahamnen och Bålsta, via Hammarby sluss, är avståndet 63 km, eller 34 nautiska mil. Denna sträcka avverkas på 5 timmar inkluderat tid för slussning.

Detta medför att en enkel resa från Norvik till Bålsta via Värtahamnen inklusive hamntider tar 15,5 timmar. Hela slingan tur och retur tar därmed 32,2 timmar vilket är nästan 1,5 dygn. Om fartyget kan gå dygnet runt med skiftgående besättning är det teoretiskt möjligt att skapa 5 avgångar i veckan med två olika avgångstider om slingan utsträcks till 36 timmar. Två dagar finns ingen avgång alls. Om två fartyg används kan daglig frekvens upprätthållas med flera avgångar från Norvik vissa dygn.

Om fartyget istället framförs i låg fart (ekonomifart) för att spara bränsle tar samma sträcka 22,5 timmar enkel resa samt 45 timmar tur och retur. Om fartyget kan vara i drift dygnet runt med en skiftgående besättning är det möjligt att erbjuda en avgång varannan dag från Norvik med ett fartyg och en daglig avgång med två fartyg.

Om det beaktas hur många containrar eller TEU som kan transporteras i den ansatta slingan framgår det att ett fartyg som har 5 avgångar i veckan under ett år (50 veckor) kan transportera 21 500 TEU (se tabell 30). Fartyget kan i ett lågfartsscenario med en avgång varannan dag klara 4 avgångar i veckan varannan vecka och 3 avgångar påföljande vecka. Under ett år (50 veckor) kan fartyget transportera 15 050 TEU.

Tabell 30. Sammanställning av transporterade godsmängder vid olika hastigheter

	Antal avgångar		Antal TEU		Antal 45 fots containrar	
	per vecka	per år	per vecka	per år	per vecka	per år
<b>Servicefart (8-9 knop)</b>						
Fartygsavgångar:	5	250	430	21 500	430	10 750
<b>Låg fart/ekonomifart (5 knop)</b>						
Fartygsavgångar vecka 1:	4	100	344	8 600	344	4 300
Fartygsavgångar vecka 2:	3	75	258	5 450	258	3 225
Totalt antal fartygsavgångar:		175		14 050		7 525

## Analys och beräkningar

### Ansats – sjöfart

Scenariot har utgått från att inlandsvattenfartygstrafik kan drivas lönsamt och utgöra ett konkurrenskraftigt alternativ till andra transportlösningar. Fartygen måste därför ha en hög fyllnadsgrad och drifttid. I scenariot baseras beräkningarna på att fartyg avgår fullastade från Norvik och är i drift dygnet runt. Med en ansatt total containermängd i Norvik på 200 000 TEU/år medför detta att ett fartyg kan transportera drygt 10 % av denna containermängd vid servicefart och med 250 avgångar/år. För daglig frekvens från Norvik krävs två fartyg vilket ökar containermängden till 43 000 TEU/år. I ett lågfartsscenario kan 30 000 TEU/år transporteras med två fartyg. Värt att notera är att inlandsvattenvägarnas kapacitet är jämfört med alternativen järnväg och lastbil.

### Ansats – järnväg

För intermodala järnvägstransporter antas varje tågsätt ha en kapacitet som motsvarar 56 TEU och en belägningsrad på 80 %, vilket medför att respektive tåg transporterar 45 TEU (se avsnitt 5.1.2 – *Referenståg*). Med två avgångar per veckodag och totalt 250 avgångar under ett år, ger detta en kapacitet på 22 500 TEU/år.

### Energi- och miljöberäkningar

En ansats är att 20 000 TEU/år transporteras med sjöfart eller järnväg samt att längden av respektive transport beräknas utifrån medelavståndet för sjöfartsrutten respektive järnvägspendeln. Elmix från tre källor har använts vid utsläppsberäkningarna av CO<sub>2</sub> för järnvägstransporter. Två omlastningssystem har inkluderats i beräkningarna, där en medelstor kombiterminal (MK) (hanterar 50 000 TEU/år) med reach-stacker och en liten kombiterminal (hanterar 15 000 TEU/år) med ett lättkombisystem (LK). I de intermodala transportkedjorna antas varje lastbärare kräva två omlastningar. Även ett alternativ med direkt lastbilstransport kräver minst en omlastning i transportkedjan.

Analyser (se bilaga 2) visade att den omväg som inlandsvattensfartyg tvingas ta för att nå målpunkten medför att energiåtgången ökar vid servicefart, (+20,3 %) medan den minskar vid ekonomifart (-24,0 %). Orsaker är en längre transportsträcka till sjöss jämfört med på land samt tillkommande energikrävande anslutande vägtransporter.

När sjö- och anslutningstransporterna adderas erhålls en transportsträcka på 195 km, som kan relateras till att avståndet för en direkt vägtransport uppgår till ca 100 km. Dessutom åtgår det energi för omlastning i Bålsta. Hur mycket beror på vilken hanteringsteknik som väljs. Sammantaget medför detta att en sjötransport endast kan motiveras energimässigt om en lång transporttid, på över ett dygn kan accepteras. Detta på relation där en direkt vägtransport tar mellan 1,5 och 2,5 timmar.

Även miljöberäkningarna indikerar att fartygen måste drivas i ekonomifart för att de totala CO<sub>2</sub>-utsläppen skall bli lägre än vid direkta vägtransporter (-26,4 %). Om istället servicefart väljs ökar energiförbrukningen relativt transporter med lastbil (+22,8 %). Dessa jämförelser kan variera, beroende på om hanteringen skett med kran ombord eller gaffeltruck respektive om diesel- eller eldrift tillämpats.

Med järnvägstransporter kan däremot betydande energibesparingar uppnås, vilka beräknats till i storleksordningen 40 % med traditionell storskalig hanteringsteknik. Om småskalig lättkombiteknik, med bland annat gaffeltruckar (LK), används istället för traditionell teknik (TK), representerad av reach-stackers, för omlastning mellan järnvägsfordon och vägfordon uppgår den estimerade energibesparingen till 48 %. Ur miljösynpunkt har järnvägstransporter stora fördelar och det totala CO<sub>2</sub>-utsläppen kan minskas med 45 %, enligt Nordisk elmix, om traditionell kombiteknik används och med 60 % om istället lättkombiteknik kan användas. Om beräkningarna av CO<sub>2</sub>-utsläppen sker enligt Svensk elmix kan en halvering (- 50 %) av utsläppen redovisas.

En tidigare utvärdering har även visat att vid en flytt från Frihamnen till Norvik och när anslutningstransporterna utförs med lastbil, kan en ökning av CO<sub>2</sub>-utsläppen från 754 ton till 1 352 ton (79 % ökning) estimeras (se avsnitt 2.1.4 – *Stockholms Hamnar*). En flytt till Norvik skulle däremot knappt påverka mängden CO<sub>2</sub>-utsläpp om intermodala järnvägstransporter istället används för anslutningstransporterna.

## 5.2.2 Transporter av enhetslaster Västerås – Stockholm

Det andra scenariot innefattade transporter mellan Västerås och Stockholm. Även i detta fall var avsikten att som ett alternativ till lastbilstransporter göra en jämförelse med transporter som utförs med inlandsvattenfartyg respektive på järnväg.

### Geografisk beskrivning

Den järnväg som berörs i detta scenario är sträckan mellan Västerås och Årsta kombiterminal i Stockholm, via Enköping och Bro. För inlandsvattenfartyg berörs sträckan mellan Västerås hamn och Värtahamnen i Stockholm, via Hammarby sluss. På vägsidan är E18, och sträckan mellan Västerås och Stockholm, samt Essingeleden i Stockholm de viktiga trafikleder som var aktuella i scenariot.

### Godsmängder

Beräkningarna för jämförelsen mellan järnvägs- och lastbilstransporter bygger på dagligvaruhandelns flöden (se avsnitt 2.1.3 – *Dagligvaruhandeln*). I en studie hade ett varuflöde, som under en mätvecka uppgick till 5 270 ton, identifierats mellan Västerås och Järfälla, Västerås och Haninge respektive Västerås och Stockholm (Pettersson et al, 2015). Omräknat till intermodala lastbärarenheter (9,8 ton/TEU) motsvarade detta 27 970 TEU/år mellan Västerås och Stockholmsområdet.

De beräkningar som utgjort underlag för jämförelser mellan inlandsvattenfartyg och lastbilstransporter, bygger på inflöden av containrar till Västerås och Stockholm. I Västerås var balansen mellan inkommande och utgående lastbärarenheter relativt jämnt fördelad.

Totalt hanteras 18 700 TEU/år varav importmängden var cirka 9 300 TEU/år varav 7 300 TEU/år anlande med fartyg. Exportmängden uppgick till 9 400 TEU/år varav 7 200 TEU/år transporterades med fartyg och resterande mindre volymer transporterades på järnväg. Stockholm hanterar totalt 55 000 TEU/år.

Det gods som anlande till Västerås distribuerades i huvudsak inom en radie av 100 km från Västerås hamn.

### Jämförelsealternativ

I jämförelsealternativet beskrivs situationen som den såg ut 2016. Dagligvaruhandels flöden inom *Mälarkorridoren* distribuerades uteslutande med lastbil. På grund av begränsningen av de tillåtna lastbilsdimensionerna i Stockholm tillämpas antingen omlastning från större lastbils ekipage till mindre distributionsbilar i Stockholm, benämnt *cross-dock*, alternativt används mindre distributionsbilar vilka utför direkta transporter från något av de aktuella aktörernas lager i Mälardalen.

En lastbilstransport mellan Stockholm och Västerås är cirka 110 km lång och den effektiva körtiden uppgår till cirka 60 minuter. Beroende på trafikläget kan körtiden i sämsta fall öka med 30 minuter. Transporttiden mellan Stockholm och Västerås antas därför i scenariot variera mellan 60 till 90 minuter.

### Utredningsalternativ

#### Intermodal järnvägstransport: Västerås – Stockholm

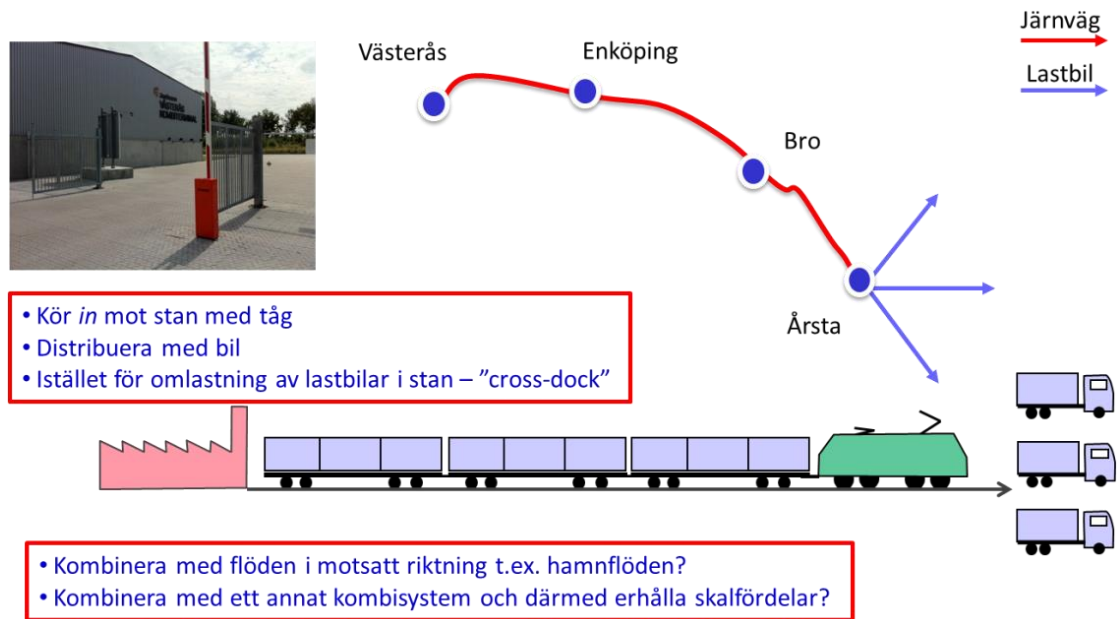
Beräkningsunderlaget för jämförelser mellan järnvägs- och lastbilstransporter bygger på uppgifter om dagligvaruhandels transporter inom *Mälarkorridoren* (se avsnitt 2.1.1). Intermodala terminaler finns lokaliserade, eller avses i scenariot att lokaliseras i närheten av de stora aktörernas lager- och distributionsanläggningar i Västerås, Enköping, Bro och Stockholm Årsta.

Den aktuella järnvägssträckan är 112 km enkel väg och omloppstiden har beräknats till 6 timmar och 41 minuter (se tabell 31). Ankomsttiden till Årsta har anpassats så att distributionen till butikerna kan inledas tidigt på morgonen. Tidsåtgången för riktningssändring vid Årsta kombiterminal har inkluderats och korta uppehåll planeras i Bro och Enköping för lastning och lossning av lastbärare.

Tabell 31. Föreslag till tidtabell för skytteltrafik på järnväg Västerås – Stockholm

Terminal	Sträcka (km)	Transporttid	Hanteringstid	Tid för riktningssändring	Total terminaltid	Ankomst	Avgång
Västerås	0		01:00:00	00:00:00	01:00	22:00	23:00
Enköping	34	00:29:29	00:30:00	00:00:00	00:30	23:29	23:59
Bro	70	01:00:08	00:30:00	00:00:00	00:30	00:30	01:00
Årsta	112	01:35:47	01:00:00	00:30:00	01:30	01:35	03:05
Bro	153	02:11:27	00:30:00	00:00:00	00:30	03:41	04:11
Enköping	189	02:42:06	00:30:00	00:00:00	00:30	04:42	05:12
Västerås	224	03:11:35	00:00:00	00:00:00	00:00	05:41	
Medelhastighet	70						
STH	100						
Omloppstid	06:41:35						
Längd (km)	224						

För att erhålla skalfördelar bör dagligvaruhandels flöden kombineras med annat enhetslastat gods i motsatt riktning såsom hamnflöden. Ett principiellt upplägg har ansatts för skytteltrafik med järnväg mellan Västerås och Stockholm (se figur 65).



Figur 65. Principiellt upplägg för järnvägstransporter mellan Västerås och Stockholm

**Inlandsvattenfartyg: Västerås – Värtahamnen**

Som komplement till väg- och järnvägstransporter längs Mälardalskorridoren mellan Stockholm och Västerås skulle en del av containertransporterna kunna transporteras med fartyg. Seglingssträckan mellan Västerås och Stockholm genom Hammarby sluss är 124 kilometer (67 nautiska mil). Med en snitffart av 8,5 knop skulle denna sträcka avverkas på cirka 8 timmar. En enkel resa från Västerås till Värtahamnen tar inklusive hamntider tar 9,8 timmar (se tabell 32).

Tabell 32. Beräkningstabell – utredningsalternativet

	Distans (km)	Tid (timmar)	
		Servicefart (8-9 knop)	Låg fart (5 knop)
Hamntid (Västerås)		1,8	1,8
Västerås – Värtahamnen	124	8,0	13,5
Hamntid (Värtahamnen)		1,8	1,8
Värtahamnen – Västerås	124	8,0	13,5
Totalt (slusstid inräknad i delsträckor)	248	19,6	30,6

Hela slingan tur och retur beräknas ta 19,6 timmar, eller nästan ett dygn, inkluderat hamntider och förutsätter att fartyget kan vara i drift dygnet runt med en skiftgående besättning. Detta möjliggör att med ett fartyg erbjuda en daglig avgång från både Västerås och Värtahamnen. En fråga är sedan hur många avgångar som skall erbjudas per vecka, och om fartyget skall vara i drift lördag – söndag, och erbjuda minst 6 avgångar/vecka. Om fartyget kan erbjuda 6 avgångar per vecka och är i drift under 50 veckor/år uppgår den mängd containrar som kan transporteras mellan Västerås och Värtahamnen och omvänt till 51 600 TEU/år (se tabell 33).

Tabell 33. Sammanställning av transporterade godsmängder vid olika hastigheter

Servicefart (8-9 knop)	Antal avgångar		Antal 45' containrar		Antal TEU	
	per vecka	per år	per vecka	per år	per vecka	per år
Fartygsavgångar (Västerås):	6	300	258	12 900	516	25 800
Fartygsavgångar (Värtan):	6	300	258	12 900	516	25 800
Totalt antal fartygsavgångar:		600		25 800		51 600

Kapaciteten kan ökas om två fartyg används. Dessa skulle tillsammans kunna erbjuda två dagliga avgångar. Om fartyget istället skulle framförs i låg fart för att uppnå en bränslesparning skulle det åtgå 15,3 timmar en enkelresa och 30,6 timmar för en rundtur vilket är mer än ett dygn. Detta innebär att det för lågfartsalternativet är svårt att kunna erbjuda en daglig avgång på en fast tid. Däremot kan låg fart kombineras med servicefart för att anpassa tiden för rundturen till 24 timmar.

## Analys och beräkningar

### *Ansats – järnväg*

Ansatsen för jämförelser av järnvägstransporter är att en godsmängd motsvarande 28 000 TEU/år antingen transporteras på väg, eller med det järnvägsalternativ som ansatts. Beläggningsraden på det referenståg som används i beräkningarna har antagits uppgå till 80 %, vilket med en kapacitet som motsvarar 56 TEU innebär att tågen i medeltal transporterar 45 TEU. Vidare modelleras tåget efter att ett referenståg för trailers kan används. Detta tåg antas bestå av 11 Meagaswing-vagnar, för trailers, vilka har en kapacitet på 22 lastbärare (trailers). Med en beläggningsgrad på 80 % innebär detta att tågen i medeltal transporterar 18 lastade, och olastade, trailers. Vid analyserna har elmix enligt tre alternativ använts vid beräkningar av CO<sub>2</sub>-utsläppen.

Vid beräkningarna har två typer av omlastningssystem och/eller hanteringsutrustning varit aktuella. Den ena ansatsen har varit att hantering och omlastning skett vid en medelstor kombiterminal (MK) där 50 000 TEU/år har hanterats med reach-stacker. Den andra ansatsen har varit en mindre kombiterminal där 15 000 TEU/år omlastats och Megaswing-vagnar (MS) har använts, vilket inneburit att det inte funnits någon hanteringsutrustning som varit bunden till terminalen.

Kapaciteten på järnväg bedöms vara god om transportererna utförs vid rätt tider under dygnet (se avsnitt 3.1.1 – *Regionala godskorridorer och flöden på land*) och förväntas att förbättras efter spårutbyggnader på Mälärbanan (Stockholm – Kallhäll). Vidare antas spårkapaciteten ytterligare förbättras när Citybanan invigs 2017.

### *Ansats – sjöfart*

Ansatsen för jämförelser av inlandsvattenvägstransporter är att en godsmängd motsvarande 10 000 TEU/år antingen transporteras på väg, eller med sjöfart enligt det alternativ som ansatts. För att ett inlandsvattenfartyg ska kunna drivas med lönsamhet och utgöra ett konkurrenskraftigt alternativ gentemot andra transportmedel måste fyllnadsgraden vara hög och fartyget måste vara i drift under en stor del av tiden. Beräkningarna i detta scenario baseras på antagandet att fartyget alltid lastar fullt, både i Västerås och i Värtahamnen samt att det är i drift dygnet runt nästan hela veckan (måndag – lördag). Detta medför att antalet avgångar uppgår till 300 per år. Utifrån referensfartygets kapacitet på 95 TEU innebär detta en medelfyllnadsgrad på 35 %, eller att fartyget kan genomföra 105 avgångar per år med full last

Kapaciteten på inlandsvattenvägen är god åtminstone jämfört med vägkapaciteten i Stockholmsområdet dagtid och under högrafiktid (rusningstid).

### *Energi- och miljöberäkningar*

Energiberäkningarna visade att en användning av inlandsvattenfartyg i en intermodal transportkedja sträckan Västerås – Värtahamnen skulle medföra att energibesparingar på i storleksordningen 40 % kan uppnås om transportererna utförs i servicefart samt nästan 70 % om transportererna utförs i ekonomifart (se bilaga 3). Utsläppsberäkningar indikerar vidare att CO<sub>2</sub>-utsläppen kan sänkas i samma omfattning relaterat till om transportererna hade utförts med lastbil.



Vid servicefart uppgår minskningen av CO<sub>2</sub>-utsläppen till 68 % och vid lågfart uppgår minskningen till 37 %. Valet av hanteringsutrustning har vidare inverkan på energiförbrukningen respektive utsläppen av CO<sub>2</sub>.

Med järnvägstransporter uppgick de estimerade energibesparingarna till 66 % vilket är i samma storleksordning som för inlandsvattensjöfart. Detta när konventionell intermodal omlastningsteknik, med reach-stackers (TK) används. Om annan teknik, Megaswing (MS), valdes kunde estimerade energibesparingar på över 80 % uppnås.

En övergång till järnvägstransporter skulle framförallt medföra betydande sänkningar av CO<sub>2</sub>-utsläppen, med 73 %, enligt nordisk mix, om konventionell omlastningsteknik (TK), med reach-stackers, används. Om alternativ hanteringsteknik såsom Megswingvagn (MS), används kan de estimerade CO<sub>2</sub>-utsläppen minskas med över 90 %.

### 5.2.3 Kombinerat upplägg Värtan – Västerås/Örebro

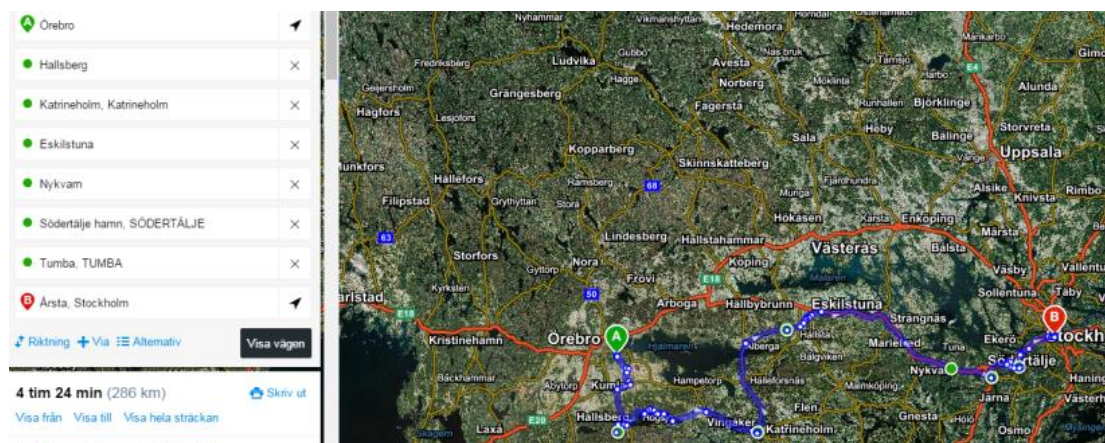
#### Geografisk beskrivning

I ett scenario, i vilket sjöfart och järnvägstransporter kombineras, avses sjötransporter användas mellan Värtahamnen i Stockholm och Västerås. Detta kombineras med en järnvägsslinga söder om Mälaren till Örebroområdet. Sträckningen för inlandssjöfart, mellan Västerås och Värtahamnen, är beskriven i föregående scenario (se avsnitt 5.2.2) och avses utgöra en del av transportsystemet i detta scenario. Järnvägssträckan löper mellan terminalerna i Örebro och Stockholm Årsta, med mellanliggande uppehåll och omlastningar i Hallsberg, Katrineholm, Eskilstuna, Nykvarn, Södertälje, Tumba och Årsta. Det aktuella transportavståndet uppgår till 260 km enkel väg.

#### Jämförelsealternativ

I jämförelsealternativet beskrivs ett scenario såsom förutsättningarna såg ut idag (2016). Inom Svealandskorridoren transporteras de aktuella godsflödena främst med lastbilar (se avsnitt 2.1.1 – *Regionala godskorridorer och flöden på land*). I korridoren transporteras även en stor mängd enhetsberett gods såsom containrar och trailers som främst anländer väster- och söderifrån, på både järnväg och väg. Omfattande flöden av enhetsberett gods ankommer också till korridorens kombiterminaler och skulle i teorin kunna omlastas till järnväg för transporter till och från Stockholmsregionen.

I Örebro, Hallsberg, Katrineholm, Eskilstuna, Södertälje hamn och Stockholm Årsta finns stora kombiterminaler utrustade med kranar eller reach-stackers, som i detta scenario sammanlänkas genom skytteltrafik inom Svealandskorridoren. I Nykvarn och Tumba finns det lämpliga platser för etablering av små kombiterminaler (se figur 66).



Figur 66. Vägbeskrivning för sträckan Örebro – Stockholm Årsta (Eniro)

Det finns även stora transportgenererande verksamheter i Nykvarn och Tumba varför etablering av mindre kombiterminaler kan motiveras på dessa platser. En transport som utförs med lastbil längs denna sträcka, via de angivna terminalerna, är 286 km lång och den körtiden uppgår till ca 4 timmar och 30 minuter (se tabell 34).

Tabell 34. Jämförelsealternativ för lastbilstransporter

Ändpunkter	Mellanliggande uppehåll	Körsträcka (km)	Körtid
Örebro och Stockholm Årsta	Hallsberg, Katrineholm, Eskilstuna, Nykvarn, Södertälje och Tumba	286	4 timmar och 30 minuter

## Godsmängder

Beräkningarna för jämförelsen mellan järnvägs- och lastbilstransporter bygger på årliga hanterade mängder av lastbärare vid de kombiterminaler som finns längs denna sträcka (se avsnitt 2.4.3 – *Kombiterminaler*). De 3 största terminalerna längs den aktuella sträckan hanterade 146 000 intermodala enheter under 2013 (se tabell 24), vilket omräknat motsvarar i storleksordningen 200 000 TEU/år. En ansats är att 30 000 TEU/år (15 %) enligt scenariot transporteras i det ansatta transportsystemet. Av detta fördelas 20 000 TEU/år på järnväg och 10 000 TEU/år på sjöfart.

Beräkningsunderlaget bygger på ett inflöde av containrar dels till Västerås och dels till Stockholm. I Västerås är balansen mellan inkommande och utgående enheter (mätt i TEU) relativt jämnt fördelad mellan import och export. Totalt hanterades 18 700 TEU/år där importflödet uppgår till 9 300 TEU/år varav 7 300 TEU/år ankommer med fartyg. Exportflödet är 9 400 TEU/år varav 7 200 TEU/år går ut med fartyg och resterande mängd transporteras med järnväg. I Stockholm hanteras 55 000 TEU/år.

## Utredningsalternativ

### Intermodal järnvägstransport: Örebro – Stockholm

De aktuella tågen planeras trafikera en järnvägslinje mellan Örebro, Hallsberg, Katrineholm, Eskilstuna, Nykvarn, Södertälje, Tumba och Årsta med en körsträcka på 260 km enkel väg. Omloppstiden beräknas till 13 timmar 29 minuter (se tabell 35).

Tabell 35. Föreslagen tidtabell för skytteltrafik på järnväg mellan Örebro och Årsta

Terminal	Sträcka	Transportid	Hanteringstid	Tid för riktningförändring	Total terminaltid	Ankomst	Avgång
Örebro	0		01:00:00	00:00:00	01:00	19:00	20:00
Hallsberg	65	00:56:05	00:30:00	00:00:00	00:30	20:56	21:26
Katrineholm	89	01:15:57	00:30:00	00:00:00	00:30	21:45	22:15
Eskilstuna	193	02:45:01	00:30:00	00:00:00	00:30	23:45	00:15
Nykvarn	208	02:57:59	00:30:00	00:00:00	00:30	00:27	00:57
Södertälje	219	03:07:55	00:30:00	00:00:00	00:30	01:07	01:37
Tumba	235	03:21:22	00:30:00	00:00:00	00:30	01:51	02:21
Årsta	260	03:42:57	01:00:00	00:30:00	01:30	02:42	04:12
Tumba	285	04:04:33	00:30:00	00:00:00	00:30	04:34	05:04
Södertälje	301	04:17:59	00:30:00	00:00:00	00:30	05:17	05:47
Nykvarn	313	04:27:55	00:30:00	00:00:00	00:30	05:57	06:27
Eskilstuna	328	04:40:53	00:30:00	00:00:00	00:30	06:40	07:10
Katrineholm	432	06:09:57	00:30:00	00:00:00	00:30	08:39	09:09
Hallsberg	455	06:29:49	00:30:00	00:00:00	00:30	09:29	09:59
Örebro	520	07:25:54	00:30:00	00:30:00	01:00	10:55	
Medelhastighet	70						
STH	100						
Omloppstid	13:29						
Längd (km)	520						

Avgångstiden från Örebro sätts så att konflikter undviks med pendeltågtrafikens rusningstider på förmiddagen (kl. 06-09) för sträckan Södertälje – Årsta.

### ***Inlandsvattenfartyg: Västerås – Värtahamnen***

Samma upplägg används som i föregående scenario (se avsnitt 5.2.2).

## **Analys och beräkningar**

### ***Ansats – järnvägstransporter***

Referenstågets belägningsrad hade även i detta scenario ansatts till 80 %. Emellertid modellerades i detta fall tåget som referenståget för containrar, vilket bland annat innebar att medelkapaciteten uppgick till 45 TEU. Vidare var två omlastningssystem inkluderade i beräkningarna, där det ena avsåg en medelstor kombiterminal (MK), där hanteringen utfördes med en reach-stacker och hanteringen omfattade 50 000 TEU/år. Det andra systemet avsåg en liten kombiterminal, avsedd för en hantering av 15 000 TEU/år med ett *Lättkombisystem* (LK) där hanteringen utfördes med en gaffeltruck.

### ***Ansats – sjöfart***

För att ett fartyg ska kunna drivas lönsamt och utgöra ett konkurrenskraftigt alternativ gentemot andra transportslag måste fartygets fyllnadsgrad vara hög samtidigt som fartyget måste vara i drift under en stor del av tiden. Beräkningarna i detta scenario baserades därför på antagandet att fartyget alltid var fullt utlastat både vid avgång från Västerås och från Värtahamnen samt att det är i drift dygnet runt under 6 av veckans dygn (måndag – lördag). Enligt tidigare ansatser medförde detta att 300 avgångar kunde erbjudas per år och riktning, eller sammantaget 600 avgångar under ett år. Utifrån att referensfartygets lastkapacitet uppgick i detta scenario till 95 TEU, innebar detta vidare en möjlig medelfyllnadsgrad på 18 %, eller att fartyget kan genomföra 105 avgångar per år med full last. För att göra fartyget lönsamt skulle således containermängden i sjöfart behöva öka med 470 %.

### ***Energi- och miljöberäkningar***

Energiberäkningarna visade att användning av inlandsvattenfartygstransporter i en intermodal transportkedja mellan Västerås och Värtahamnen, istället för direkta lastbilstransporter, skulle medföra energibesparingar på i storleksordningen 40 % (se bilaga 4). Detta om sjötransporterna utfördes i servicefart, vid 8-9 knop. Om dessa transporter istället kunde utföras i lågfart (ekonomifart), vid 4-5 knop, skulle en energibesparing på nästan 70 % kunna uppnås. Utsläppsberäkningar indikerade även att CO<sub>2</sub>-utsläppen kunde sänkas i motsvarande omfattning relaterat till om transporterna hade utförts med lastbil. Vid ekonomifart estimerades minskningen av utsläppen till 38 % och vid ekonomifart till 68 %. Valet av hanteringsutrustning hade dessutom en betydande inverkan på energiförbrukningen respektive CO<sub>2</sub>-utsläppen.

Järnvägstransporterna medförde i detta upplägg en minskning av energiförbrukningen med nästan 80 % jämfört med vägtransporter på samma sträcka, med viss variation beroende på om konventionell teknik (TK), som uppgick till 77 % om en reach-stacker användes, eller till 80 % om lättkombi istället användes. Enligt beräkningar med stöd av nordisk elmix minskade CO<sub>2</sub>-utsläppen med drygt 80 % vid användning av konventionell teknik (TK). Vid användning av ett *Lättkombisystem* (LK) estimerades en minskning av CO<sub>2</sub>-utsläppen med över 90 %.

För detta scenario minskade energiförbrukningen sammantaget med 77 % när sjöfart och järnväg användes i kombination, relativt ett upplägg med enbart vägtransporter. Det totala CO<sub>2</sub>-utsläppet kunde samtidigt minskas med 85 % om utsläppsberäkningar för eldriften på järnväg utfördes enligt nordisk elmix.

### 5.2.4 Kombinerat upplägg Norvik – Övriga Mälardalen

Utgångspunkten för detta scenario är att etableringen av en ny storhamn i Norvik medför att stora mängder av containrar kommer att hanteras inom den nya hamnen samt att transporteras till och från denna. Enligt tidigare ansatser skulle det medföra negativa effekter ur energiförbruknings- och miljösynpunkt om transporterna av dessa containrar till och från den nya hamnen i Norvik enbart skulle utföras med lastbilar. Ansatsen i detta scenario har därför varit att skapa ett transportsystem i vilket vägtransporter kombineras med storskaliga och energieffektiva transportmedel, såsom intermodala järnvägstransporter och inlandssjöfart. I det *kombinerade scenariot* ingår en *sjöfartsslinga* vilken används tillsammans med ett *regionalt tågssystem*.

#### Godsmängder

Enligt tidigare ansatser kommer hamnen Norvik i framtiden att hantera en godsmängd motsvarande 200 000 TEU/år (se avsnitt 5.2.1). Även i detta scenario är ansatsen att den framtida referensmängden av gods uppgår till 200 000 TEU/år. Av denna mängd antas 20 %, eller 40 000 TEU/år transporteras vidare, i Mälardalen, med det ansatta transportsystemet. Ett antagande är även att denna godsmängd fördelas lika mellan sjöfarts- och järnvägstransportsystemen (20 000 TEU/år vardera).

#### Jämförelsealternativ med direkta lastbilstransporter

Ett referenssystem skapades där samma godsmängder som transporterades i ett ansatt systemet, bestående av inlandssjöfart och ett regionalt tågssystem, direkttransporteras med lastbilar till och från avsändare och mottagare i Stockholmsområdet, Uppland, Södermanland, Västmanland och Närke (se tabell 36). Mellan referenssystemet och det ansatta systemet jämförs skillnader i energiförbrukning respektive utsläpp av CO<sub>2</sub>.

Tabell 36. Tidsåtgång för lastbilstransporter till och från Norvik

Jämförelsealternativ	Körsträcka	Tid
Örebro – Hallsberg – Katrineholm – Eskilstuna – Nykvarn – Södertälje – Tumba – Årsta – Jordbro – Norvik	345 km	5 timmar och 15 minuter
Köping – Västerås – Bålsta – Värtahamnen – Norvik	215 km	2 timmar och 30 minuter

#### Utredningsalternativ

##### Rutt för inlandsvattenfartyg

För inlandsvattensjöfarten ansattes en rutt från Norvik till Köping, genom Stockholms södra skärgård. Genom skärgården finns det två alternativa sträckningar, antingen en kortare väg genom Baggensstaket eller en längre väg runt Värmdölandet. Eftersom vägen genom Baggensstaket bitvis är smal och svårpasserad ansattes den längre och mer lättnavigerade sträckningen via Stavsnäs och Sollenkroka. Inpassering i Mälaren sker sedan genom Hammarby sluss för vidare färd till Bålsta, Västerås och Köping.

Ett alternativ till den valda ruten är att från Norvik istället gå till Södertälje och via Södertälje sluss och Mälaren ta vägen till Stockholm och Värtahamnen. Denna rutt bedömdes dock inte vara möjlig att trafikera med de aktuella inlandsvattenfartygen. Detta eftersom Landsort måste rundas på vägen mellan Norvik och Södertälje samt att vattenområdet som måste passeras runt Landsort närmast är att betrakta som öppet hav och därför inte kan klassas som inlandsvatten till skillnad från övriga skärgården (Andersson, 2015). Vidare skulle en angöring av Värtahamnen medföra att slussning måste ske två gånger i Hammarby sluss vilket skulle vara till nackdel för upplägget.

Referensfartyget kan antingen framföras i servicefart med 8-9 knop, eller framföras i lägre fart vilket medför en lägre bränsleförbrukning. Om fartyget framförs i en fart av 5 knop kan bränsleåtgången minska med upp till två tredjedelar. I scenariot jämförs tidsåtgång och energiförbrukningseffekter mellan ett alternativ med servicefart och ett alternativ med låg fart. I den totala tiden för sjötransporten inräknas tiden i hamn som är uppdelad i förtöjnings- och operationstid. Förtöjningstiden är den tid det tar att manövrera fartyget till kaj och förtöja samt den tid det tar att göra loss och avgå.

Den totala förtöjningstiden är beräknad till en halvtimme. Operationstid är tiden för lastning och lossning, från att fartyget är förtöjt tills dess att den första trossen görs loss. I scenariot har antagits att fartyget vid avgång från Norvik har full last det vill säga 95 TEU. Vid varje hamnanlöp antas var femte lastbärarenhet hanteras, både lastade och tomma. Ett antagande är därför att 19 TEU hanteras vid varje anlöp.

Fartygets lastkran antas utföra lastning och lossning och utför, enligt specifikationen, 20 lyft per timme vilket medför att varje lyft tar 3 minuter. Under 2014 och 2015 ankom till Stockholms Hamnar till antalet 50 % fler TEU än antalet hanterade lastbärare (Sveriges Hamnar, 2016). En slutsats av detta är att hälften av lastbärarna utgjordes korta, 20 fots, eller klass C, enheter (1 TEU) och en lika stor andel längre enheter, av minst 40 fots längd, eller klass A (2 TEU). Ett antagande är därför att även lastbärarna i insjöfarten är lika fördelade mellan långa och korta enheter. 32 TEU motsvarar därför 13 lastbärarenheter. I en obruten hantering blir operationstiden därför 38 minuter. Om yttre faktorer inräknas är en bedömning att en lastnings- och lossningsoperation tar ytterligare 15-16 minuter, vilket medför en total operationstid på 80 minuter. Detta innebär att hamntiden uppgår till 80 minuter, eller 1,4 timmar.

De olika tidskomponenterna har sammanställas för en slinga, eller en rutt tur och retur, mellan Norvik och Köping som visar att slingan med servicefart avverkas på 60 timmar, eller 2,5 dygn (se tabell 37). Med lågfart avverkas slingan på 86 timmar, eller 3,6 dygn. Ett inlandsvattenfartyg kan således genomföra två turer i veckan, som avverkas måndag – fredag vid servicefart, och måndag – söndag vid lågfart (se tabell 38). Detta innebär en synnerligen låg avgångsfrekvens, om endast ett fartyg används.

*Tabell 37. Sammanställning av tidsåtgång för att trafikera ruten Norvik – Köping*

	Distans (km)	Tid (timmar)	
		Servicefart (8-9 knop)	Låg fart (5 knop)
Hamntid (Norvik)		1,4	1,4
Norvik – Värtahamnen	117	7,5	12,5
Hamntid (Värtahamnen)		1,4	1,4
Värtahamnen – Bålsta	63	5,0	7,0
Hamntid (Bålsta)		1,4	1,4
Bålsta – Västerås	91	7,2	10,1
Hamntid (Västerås)		1,4	1,4
Västerås – Köping	71	4,6	7,6
Hamntid (Köping)		1,4	1,4
Köping – Västerås	71	4,6	7,6
Hamntid (Västerås)		1,4	1,4
Västerås – Bålsta	91	7,2	10,1
Hamntid (Bålsta)		1,4	1,4
Bålsta – Värtahamnen	63	5,0	7,0
Hamntid (Värtahamnen)		1,4	1,4
Värtahamnen – Norvik	117	7,5	12,5
<b>Totalt (Slusstid inräknad i delsträckor)</b>	<b>684</b>	<b>59,8</b>	<b>85,6</b>

**Tabell 38. Sammanställning av transporterade godsmängder vid olika hastigheter**

	Antal fartyg	Antal avgångar		Antal TEU	
		per vecka	per år	per vecka	per år
<b>Servicefart (8-9 knop)</b>					
Avgångar ut: måndag och onsdag (rullande tider) in: tisdag och torsdag (rullande tider)	1	4	200	380	19 000
Avgångar ut/in: måndag – torsdag (rullande tider)	2	8	400	760	38 000
Avgångar ut/in: måndag – söndag (rullande tider)	2	11	550	1 045	52 250
Avgångar ut/in: måndag – fredag (fasta tider*)	3	10	500	950	47 500
Avgångar ut/in: måndag – söndag (rullande tider)	3	16	800	1 520	76 000
<b>Lågfart (4-5 knop)</b>					
Avgångar ut: måndag och torsdag (rullande tider) in: onsdag och lördag (rullande tider)	1	4	200	380	19 000
Avgångar ut/in: måndag – söndag (rullande tider)	2	8	400	760	38 000
Avgångar ut/in: måndag – lördag (rullande tider)	3	10	500	950	47 500

\* Avgång på fasta klockslag (samma tid) varje dag från Norvik och Köping respektive mellanliggande platser

Av sammanställningen framgår att ett enda inlandsvattenfartyg, om det utnyttjades effektivt, nästan skulle klara det årliga transportbehovet (20 000 TEU). Emellertid skulle detta medföra en låg avgångsfrekvens, med endast 2 avgångar per vecka, i vardera riktningen. För att kunna erbjuda en daglig avgång, under måndag – fredag, krävs 3 fartyg som framförs med servicefart, vilket samtidigt skulle innebära en kapacitet på 47 500 TEU/år, eller mer än dubbelt så mycket som efterfrågats.

En förbättring kan vara att korta slingan, om fartygen skall gå med servicefart, genom att vända fartygen i Västerås istället för i Köping, varvid omloppstiden minskar till 48 timmar, eller 2 dygn (se tabell 39). En daglig frekvens kan därmed upprätthållas med 2 fartyg istället för 3. Ett ytterligare argument för att vända i Västerås är att detta är den förmodat största hamnen i detta scenario, utöver Norvik och fartygen skulle förmodligen erhålla en låg beläggning mellan Västerås och Köping. Detta talar för att denna slinga kan vara av intresse i en sträckning mellan Norvik och Västerås, men inte till Köping, utifrån de prestanda som de aktuella inlandsvattenfartygen erbjuder.

**Tabell 39. Sammanställning av tidsåtgång för att trafikera en slinga som består av ruten Norvik – Västerås i båda riktningarna**

	Distans (km)	Tid (timmar)	
		Servicefart (8-9 knop)	Låg fart (5 knop)
Hamntid (Norvik)		1,4	1,4
Norvik – Värtahamnen	117	7,5	12,5
Hamntid (Värtahamnen)		1,4	1,4
Värtahamnen – Bålsta	63	5,0	7,0
Hamntid (Bålsta)		1,4	1,4
Bålsta – Västerås	91	7,2	10,1
Hamntid (Västerås)		1,4	1,4
Västerås – Bålsta	91	7,2	10,1
Hamntid (Bålsta)		1,4	1,4
Bålsta – Värtahamnen	63	5,0	7,0
Hamntid (Värtahamnen)		1,4	1,4
Värtahamnen – Norvik	117	7,5	12,5
Totalt (Slusstid inräknad i delsträckor)	542	47,8	67,6

I detta scenario används lastbilar för anslutningstransporter mellan hamnar samt andra angränsningsplatser respektive mottagare och avsändare inom de centrala och norra Stockholmsområdet samt Uppsala och Västmanlands län.

### Regionalt järnvägssystem

Det regionala intermodala järnvägssystemet baseras på en slinga mellan Norvik och Örebro, vilken passerar söder om Mälaren genom Södermanland och går vidare in i Närke, för att via Hallsberg, slutligen nå Örebro.

I slingan görs ett första uppehåll vid kombiterminalen Stockholm Årsta, där tåget även byter riktning. Från Årsta fortsätter tåget söderut och gör ett första stopp i Tumba, vilket följs av Södertälje och Nykvarn. Därefter angörs kombiterminalen i Eskilstuna där tåget åter byter riktning. Färden går därefter vidare mot Katrineholm och Hallsberg där tåget ännu en gång byter riktning innan slutdestinationen Örebro nås. Tidsåtgången för en enkel resa i slingan har enligt ett utkast till tidtabell beräknats uppgå till 6 timmar (se tabell 40).

Tabell 40. Föreslagen tidtabell för skytteltrafik med järnväg mellan Örebro och Norvik

Terminal	Sträcka	Transporttid	Hanteringstid	Tid för riktningförändring	Total terminaltid	Ankomst	Avgång
Örebro	0		01:00:00	00:00:00	01:00	18:00	19:00
Hallsberg	65	00:56:05	00:30:00	00:00:00	00:30	19:56	20:26
Katrineholm	89	01:15:57	00:30:00	00:00:00	00:30	20:45	21:15
Eskilstuna	193	02:45:01	00:30:00	00:00:00	00:30	22:45	23:15
Nykvarn	208	02:57:59	00:30:00	00:00:00	00:30	23:27	23:57
Södertälje	219	03:07:55	00:30:00	00:00:00	00:30	00:07	00:37
Tumba	235	03:21:22	00:30:00	00:00:00	00:30	00:51	01:21
Årsta	260	03:42:57	01:00:00	00:30:00	01:30	01:42	03:12
Jordbro	285	04:04:12	00:30:00	00:00:00	00:30	03:34	04:04
Norvik	315	04:29:54	01:00:00	00:30:00	01:30	04:29	05:59
Medelhastighet	70						
STH	100						
Omloppstid	09:29						
Längd (km)	315						

De intermodala tågen har en kapacitet på 56 TEU vilket, med 80 % beläggingsgrad, medför att dessa i medeltal transporterar 45 TEU per tågsätt. Med två avgångar per veckodag och 250 avgångar under ett år, ger detta en kapacitet på 22 500 TEU/år, som kan jämföras med ansatsen om att 20 000 TEU/år skulle transporteras med järnväg.

### Analys och beräkningar

Ett antagande var att i de rutter, i vilka mellanliggande uppehåll fanns, uppgick de genomsnittliga sträckor som respektive intermodal lastbärare transporteras, enligt beräkningsansatserna, till medelavståndet från den mest betydelsefulla utgångs- eller ändpunkten till samtliga angränsningspunkter i respektive rutt eller sträcka. I flertalet fall innebar detta hamnen i Norviks utgjorde referenspunkt för beräkningarna. Vidare jämfördes de i scenariona aktuella järnvägssträckorna respektive sjöfartsrutterna med medeltransportsträckorna för vägtransporter på motsvarande avstånd.

### Inlandsvattensjöfart

Energiberäkningarna visade att en användning av inlandsvattenfartyg i en intermodal transportkedja kan minska energiförbrukningen jämfört med direkta lastbilstransporter mellan Norvik och området norr om Mälaren (se bilaga 5). Om den intermodala hanteringen utförs med traditionell utrustning såsom reach-stackers (MK) och fartygen framfördes med servicefart estimerades minskningen i energiförbrukning till 15 %. Om fartygens hastighet minskas genom att de framfördes i lågfart samt att effektiva hanteringsmetoder, såsom Lättkombi (LK), istället användes kan energiförbrukningen däremot mer än halveras gentemot lastbilstransporter (minskas med 56 %).

Minskningen av CO<sub>2</sub>-utsläpp hade estimerats till drygt 16 %, gentemot direkta lastbilstransporter när inlandsvattensfartyg i servicefart och traditionell lasthantering (MK) användes. Om fartygens hastighet minskades till lågfart (4-5 knop) och en mer energieffektiv hantering, såsom Lättkombi (LK), användes i hamnar och vid andra omlastningsplatser kunde CO<sub>2</sub>-utsläppen mer än halveras (minskas med 56 %) gentemot direkta lastbilstransporter.

### ***Järnvägstransporter***

I detta scenario medförde en ansatt containertransport på järnväg med ett referenståg en minskning av energiförbrukningen med nästan 80 %, jämfört med en användning av direkta vägtransporter (se bilaga 5). Detta när traditionell omlastningsteknik (MK), med reach-stacker användes. Om Lättkombi (LK), med gaffeltruck, användes kunde en energibesparing på 80 % estimeras jämfört med lastbilstransporter. Vidare kunde CO<sub>2</sub>-utsläppen minskas med 84 %, enligt nordisk mix, när MK användes och en ytterligare minskning med 90 % estimerades som möjlig om LK användes.

### ***Kombinationen av transporter med inlandsvattensfartyg och järnvägstransporter***

Det ansatta scenariot har även analyserats i sin helhet avseende den förändring som avsågs ske beträffande energiförbrukningen och CO<sub>2</sub>-utsläppen relaterat till direkta lastbilstransporter (se bilaga 5). Av analyserna framkom att energiförbrukningen kunde minskas med 70 %, gentemot direkta lastbilstransporter om effektiv teknik för omlastning samtidigt användes. Energiförbrukningen kunde samtidigt minskas med 78 % relativt direkta lastbilstransporter, enligt nordisk elmix.

## **5.3 Ekonomiska effekter**

I denna förstudie sker en grov skattning av de ekonomiska effekterna av att använda olika transportslag utifrån uppläggen i de olika scenarierna. En svårighet är att de aktuella alternativen för val av transportmedel har olika grader av skalfördelar samt att detta även gäller för de hamnanläggningar, kombiterminaler och andra platser som används som bryt- och omlastningspunkter. Referenskostnaden har i dessa jämförelser ansatts som kostnaden för att transportera intermodala lastbärare på väg.

### **5.3.1 Vägtransporter**

Kostnaden för regionala lastbilstransporter har antagits vara distansberoende. Enligt etablerade modeller kan en lastbilskostnad på 12,25 kr per fordonskilometer ansättas (Behrends et al 2012). Detta antas avse ett fordon enligt europeiskt format, i svensk trafik, med en kapacitet motsvarande 2 TEU. Eftersom en anslutningstransport enligt beräkningsexemplen i de aktuella scenarierna uppgår till 15 km kommer kostnaden för denna att uppgå till 90 kr/TEU. Kostnaden för en lastbil som används för intermodala anslutningstransporter kan även anges som en tidskostnad vilken i andra sammanhang angetts till 300 kr/h (Flodén, 2007). En ansats är här att ett transportuppdrag som tar mindre än en timme i anspråk istället debiteras per påbörjad timme. I detta fall skulle kostnaden för en anslutningstransport för 2 TEU uppgå till 300 kr, eller 150 kr/TEU.

Kostnaden för att transportera en TEU mellan Norvik och Västerås via riksväg 73 och E18 (172 km) skulle vidare uppgå till 1 054 kr.

### **5.3.2 Järnvägstransporter**

Kostnaderna för intermodala järnvägstransporter uppgår med det ansatta systemet per TEU till 1,62 kr/km (Kordnejad, 2014). Detta för ett tåg med 14 vagnar som har en genomsnittlig beläggning på 80 %.



Om trailervagnar som kan lastas och lossas utan externa hjälpmedel används uppgår kostnaden per 2 TEU (1 trailer) till 4,38 kr/km. Kostnaden för att transportera en TEU mellan Norvik och Västerås (172 km) skulle med detta upplägg uppgå till 753 kr.

### 5.3.3 Sjöfart

För sjöfartsalternativet har två typer av inlandsvattenfartyg ansatts. En anledning är att kostnaden för det tidigare angivna exempelfartyget, med lastkran ombord (se avsnitt 5.1.1), är betydligt högre än för ett inlandsvattenfartyg som saknar sådan.

Kostnaderna för att driva ett konventionellt inlandsvattenfartyg i den aktuella storleksklassen, Rhine-Herne vessel (Class IV), beror bland annat på drifttiden per dygn och vecka, vilket avgör hur stor personalstyrka som krävs för att bemanna fartyget (Wegmans et al, 2015). Vidare har kostnadsdata för att driva exempelfartyget inhämtats (van Dorsser, 2016). För detta fartyg tillkommer även bränslekostnader för att driva den kran som finns ombord.

I en inledande ansats skulle fartyget vid 100 % beläggningsgrad klara att transportera 27 000 TEU/år, med 6 avgångar i veckan, vilket innebär en avgång varannan dag i respektive riktning under 50 veckor per år. Den tillryggalagda distansen skulle uppgå till 81 300 km/år och drifttiden till 7 200 timmar/år.

Tabell 41. *Kostnader för drift av Rhine-Herne vessel (Class IV) (Wegmans et al, 2015) respektive Crane Barge Mercurius Amsterdam (van Dorsser, 2016)*

Parameter/kostnadsfaktor		Fartygstyp	
		Rhine-Herne vessel (Class IV)	Mercurius – Amsterdam (med lastkran)
Fartygsdata	Kapacitet	90 TEU	95 TEU
	Dimension	86 x 10,5 x 3,2 m	86 x 11,5 x 3,6 m
	Tonnage	2 000 ton	2 150 ton
Kostnader	Kapitalkostnad	1 år á 350 000 €/år <sup>1</sup>	350 000 €
	Bemannings <sup>2</sup>	1 år á 510 000 €/år <sup>1</sup>	510 000 €
	Reparation och UH <sup>5</sup>	0,37 €/km <sup>1</sup>	30 000 €
	Summa årlig driftkostnad utom bränslekostnad <sup>5</sup>		890 000 €
	Bränslekostnad <sup>6,7</sup>	7,54 €/km <sup>1</sup>	613 000 €
Total årlig kostnad (valuta: €)		1 503 000 €	(1 800 000 € <sup>3</sup> )
(valuta: kr)		14 380 000 kr <sup>4</sup>	17 230 000 kr <sup>4</sup>
Kostnad per transporterad enhet		533 kr/TEU <sup>9</sup>	930 kr/TEU <sup>10</sup>

<sup>1</sup> Wegmans et al, 2015

<sup>2</sup> Avser bemanning för kontinuerlig drift

<sup>3</sup> van Dorsser, 2016

<sup>4</sup> Omräkningskurs: 1 € = 9,57 kr

<sup>5</sup> Distansen (driftsträckan) uppgår till 81 300 km/år

<sup>6</sup> Hamn- och farledsavgifter har antagits vara inkluderade i denna kostnad

<sup>7</sup> Avser lastat fartyg

<sup>8</sup> Beräknat utifrån en bränsleförbrukning på 10l/km samt en dieselkostnad på 11,40 kr/l

<sup>9</sup> Beräknat på en årlig kapacitet av 27 000 TEU för det konventionella fartyget

<sup>10</sup> Beräknat på en årlig kapacitet av 28 500 TEU

Kostnaden att driva det konventionella fartyget skulle enligt tillgängligt underlag uppgå till 14,4 mkr/år vid EUR-kurs på 9,57 kr (se tabell 41). Kostanden för att driva exempelfartyget skulle däremot uppgå till 26,5 mkr/år vilket är 85 % högre kostnad.

Fördelat per TEU skulle kostnaderna hamna på 533 kr/TEU för det konventionella fartyget respektive 930 kr/TEU för exempelfartyget, vilket är 75 % högre kostnad.

### 5.3.4 Omlastning

#### Kombiterminaler och hamnar i Mälaren

Kostnaderna för omlastning, på en medelstor konventionell kombiterminal eller hamn där reach-stacker används har ansatts till 268 kr/enhet (Kordnejad, 2014). Eftersom varje lastbärarenhet enligt tidigare antaganden omfattar 1,5 TEU innebär detta att omlastningskostnaden per TEU kommer att uppgå till 179 kr/TEU. Denna kostnad har även ansatts som hanteringskostnad för det konventionella fartyget vid hantering i hamnar och andra tilläggsplatser i Mälaren.

Detta kan även ställas i relation till det debiterade priset vid öppna kombiterminaler på omlastning som vanligen uppgår till i storleksordningen 300 kr/enhet.

#### Omlastning med fartygskran

Exempelfartyget är utrustat med en kran ombord. Bränsleåtgången för lastning och lossning av en lastad container med denna kran har angivits till 6 l/dieselbränsle per enhet, vilket enligt ovan kan omräknas till 4 l/TEU. Med en bränslekostnad på 11,40 kr/l innebär detta en omlastningskostnad på 46 kr/TEU.

### 5.3.5 Jämförelser av transportupplägg

Kostnaderna för att transportera en TEU mellan Norvik och Västerås med olika transportupplägg har jämförts (se tabell 42). I detta har även en känslighetsanalys skett avseende hur en minskad beläggningsgrad för de båda inlandsvattenfartygen, med respektive utan kran ombord påverkar kostnadsbilden.

Tabell 42. *Kostnadsjämförelse för olika transportupplägg vid transport av en TEU mellan Norvik och Västerås*

	Direkt väg- transport med lastbil (kr)	Intermodal transport på järnväg (kr)	Sjöfart med inlandsvattenfartyg (kr) (beläggningsgrad)					
			Kran i hamn eller på kaj			Fartygskran (exempelfartyg)		
			(100 %)	(75 %)	(60 %)	(100 %)	(75 %)	(60 %)
Transport- kostnad för huvuddistans	1 054	753	533	711	888	930	1 240	1 550
Omlastnings- kostnad		179	179	179	179	46	46	46
Kostnad för anslutnings- transport		150	150	150	150	150	150	150
<b>Total transport- kostnad</b>	<b>1 054</b>	<b>1 082</b>	<b>862</b>	<b>1 040</b>	<b>1 217</b>	<b>1 126</b>	<b>1 436</b>	<b>1 746</b>
<i>Index för total transport- kostnad</i>	<i>100</i>	<i>103</i>	<i>82</i>	<i>99</i>	<i>115</i>	<i>107</i>	<i>136</i>	<i>166</i>

Jämförelserna visar att kostnaderna för att transportera containerar mellan Norvik och Västerås ligger på samma nivåer oavsett om en intermodal järnvägslösning utnyttjas för transporten eller om inlandssjöfart med ett konventionellt fartyg, utan lastkran, och med en beläggningsgrad på 75 %, utnyttjas. Vid högre beläggningsgrader förmodas kostnaden för inlandssjöfart med ett konventionellt fartyg kunna minskas ytterligare.

Ett frågetecken är emellertid om en avgång varannan dag är en tillräcklig frekvens för att skapa ett tillräckligt underlag för denna typ av transport. En ökad frekvens skulle kräva ytterligare ett fartyg i trafiken och därmed dubbla kapaciteten i upplägget. Vid 75 % beläggningsgrad skulle kapaciteten i ett upplägg av detta slag uppgå till 40 000 TEU/år eller 20 % av den förväntade godsmängden/år i Norviks hamn, mätt i TEU.

Beträffande exempelfartyget med egen kran ombord visar jämförelserna att detta vid en beläggningsgrad på 100 % ligger på en kostnadsnivå strax över den intermodala järnvägstransporten respektive en direkttransport med lastbil. När beläggningsgraden minskar för fartyget ökar transportkostnaden och kommer vid en beläggningsgrad på 60 % av vara 60-70 % högre än kostnaden för en direkt lastbilstransport. Om kostnaden för intermodal hantering skulle ansättas till 300 kr/lyft skulle kostnaden för den intermodala transporten som jämförelse öka till 1 203 kr, vilket skulle vara högre än för fartygstransporten (7 %), eller motsvara 90 % beläggningsgrad för fartyget.

Beträffande de regionala intermodala transportererna på järnväg är en fråga om och hur dessa skulle kunna kostnadseffektiviseras. Ett sätt kan vara att minska kostnaderna för omlastning genom att använda ny teknik, exempelvis *Lättkombi*. En annan möjlighet kan vara att minska kostnaderna för själva järnvägstransporten genom att eftersträva större/längre tåg med fler vagnar och lastbärarplaster.

## 5.4 Jämförelser av scenarion – reflektioner

De jämförelser som skett inom respektive scenario indikerar i samtliga fall att det är gynnsamt avseende energiförbrukning och koldioxidutsläpp (CO<sub>2</sub>) att som alternativ till direkta vägtransporter utnyttja regionala intermodala järnvägstransporter, enligt de system och upplägg som presenterades. Om inlandsvattensjöfart utnyttjades kunde betydande energibesparingar uppnås under förutsättning att detta inte medförde att transportavståndet, eller den tillryggalagda distansen ökade i väsentlig omfattning.

Scenariona indikerade vidare att en kran ombord på fartyget förefaller att vara en för dyr lösning, åtminstone i jämförelse med den hanteringskostnad som ansatts för hantering med reach-stacker i Mälarens hamnar och vid regionens kombiterminaler.

Vid ett kortväga intermodalt transportupplägg för containrar, mellan en ny hamn i Norvik i Nynäshamn och Rosersberg i norra Storstockholm, kunde energibesparingar på nästan 40 % uppnås när konventionell omlastningsteknik, såsom reach-stacker, användes och ytterligare besparingar var möjliga med lättkombiteknik (gaffeltruckar). Vid sjötransport mellan Norvik i Nynäshamn och Bålsta i nordvästra Storstockholm minskade energiåtgången med 20 %. Här kan noteras att transportsträckan till sjöss, eller distansen, var dubbelt så lång som motsvarande transportsträcka på järnväg.

För ett upplägg för transport av intermodala lastbärare främst trailers, mellan Västerås och Stockholm indikerades att energiförbrukningen kunde minskas med nästan två tredjedelar (66 %) jämfört med direkta vägtransporter. Vid en jämförbar transport av containrar mellan Västerås och Värtahamnen i Stockholm kunde energiåtgången minskas med 40 % vid normal hastighet (servicehastighet) för ett inlandsvattenfartyg och med mer än två tredjedelar (68 %) vid ett lågfartsalternativ. Transportavstånden, eller distansen var i detta fall av samma storleksordning för de jämförda alternativen.

I ett kombinerat upplägg med både intermodala transporter på järnväg mellan den nya hamnen i Norvik samt ett antal platser i Mälardalen framkom att energibesparingar på 70 % kunde uppnås i systemet relativt direkta vägtransporter i samma relationer. Dock noterades att effekterna var större när gods överfördes till järnväg istället för sjöfart.

## 6 Analys och slutsatser

Analyserna baseras på beräkningar som genomförts avseende olika framtida scenarion för transporter och distribution av enhetslastat gods i Mälardalen. Tyngdpunkten i dessa scenarion har riktats mot enhetslastat import- och exportportgods respektive dagligvaror där en viktig del har varit gods som anlänt eller lämnat regionen via hamnar i Stockholmsområdet. Särskilt intresse har här riktats mot den satsning som sker genom anläggandet av en ny storhamn på Norviks udde i Nynäshamn. Följande framtidsscenarion och upplägg för jämförelser har ansatts för transporter till och från hamnen i Norvik och Stockholmsområdet respektive inom Mälardalen:

- Containertransporter mellan Norvik, centrala Stockholm och norra Stockholm
- Transporter av enhetslaster mellan Västerås och Stockholm
- Ett kombinerat upplägg mellan centrala Stockholm och delar av Mälardalen
- Ett kombinerat upplägg mellan Norvik, Stockholm och övriga Mälardalen

En ansats vid analyserna har varit att den mängd containrar som Stockholms Hamnar hanterat kommer att öka från 64 000 TEU (i Stockholms frihamn 2015) till 200 000 TEU, efter en flytt till Norvik. Av denna godsmängd har 10 % (20 000 TEU) ansatts som möjlig att transportera med andra transportmedel än lastbil (inlandsvattenfartyg eller regional intermodal järnvägstransport). Beträffande dagligvaror samt flöden till och från Västerås har dagens flöden (2014/2015) även använts i de olika scenariona.

Det kan noteras att de analyser som genomförts endast avser regionala transporter mellan central Stockholm respektive Norvik och platser i Mälardalen respektive Norvik och platser i Storstockholmsområdet. Några effekter av förändrade mönster för ocean sjöfart respektive sjöfart på Nordsjön och Östersjön har inte beaktats. Exempel på detta är jämförelser av effekter som uppstår om fartyg istället för att anlöpa Göteborgs hamn anlöper hamnar i Östersjön såsom en framtida hamn i Norvik.

### 6.1 Resultat

Av de ansatser och analyser som genomförts av 4 scenarion enligt ovan framgår att energieffektiviseringar kan uppnås om de ansatta flödena av enhetslastbärare, främst containrar, transporteras med inlandsvattensjöfart alternativt regionala intermodala järnvägstransporter. Analyserna visar vidare att störst energibesparingar kunde uppnås för de alternativ som avsåg regionala intermodala transporter på järnväg. En viktig orsak är att sjötransporter, till och från Norvik tvingas till omvägar genom Stockholms skärgård som medför ett tillkommande avstånd, eller en distans, på minst 80 km.

Vidare kan energiförbrukningen vid sjötransporter minskas väsentligt om hastigheten minskas från en normal *servicefart*, som uppgår till 7-8 knop, till *låg fart*, som uppgår till 5 knop. En fråga kring detta är dock om fartygen under dessa förutsättningar kan erbjuda transporter som är intressanta ur ett transport- och ledtidsperspektiv samt om fartygen kan drivas med lönsamhet när transportomloppen tar lång tid i anspråk.

#### 6.1.1 Miljöpåverkan

Beträffande miljöpåverkan och CO<sub>2</sub>-utsläpp framkom att användning av intermodala regionala transporter på järnväg skulle medföra väsentliga minskningar av utsläppen av CO<sub>2</sub>. För transporter mellan Norvik och norra Storstockholm kunde CO<sub>2</sub>-utsläppen minskas med 45 %, vid beräkningar enligt nordisk elmix, om transportererna utfördes med ett intermodalt järnvägsupplägg, där hanteringen utförs med traditionell teknik (reach-stackers) istället för att transporter utfördes som direkta lastbilstransporter.

Med en utvecklad teknik (*Lättkombi*) fanns potential att ytterligare minska utsläppen, med i storleksordningen 60 %. Utsläppsminskningarna för sjöfartsalternativet uppgick till 23 % respektive 26 %, beroende på vald hastighet.

I det scenario där transportalternativen jämfördes över likartade avstånd (distanser) såsom mellan Västerås och Stockholm (Värtan respektive Årsta) kunde utsläppen av CO<sub>2</sub> vid sjöfart i servicefart minskas med 37 % jämfört med direkta vägtransporter.

Vid lågfartsdrift och övergång till mer energieffektiva hanteringsmetoder bedömdes CO<sub>2</sub>-utsläppen kunna minskas med nästan 70 % jämfört med en direkt vägtransport. Detta kan jämföras med ett intermodalt järnvägsalternativ där CO<sub>2</sub>-utsläppen kan minskas med 73 %, enligt nordisk elmix, om konventionell hanteringsteknik används och ytterligare minskningar är möjliga om ny hanteringsteknik (*Lättkombi*) används.

Vid det kortaste avståndet för sjötransport (Norvik – Bålsta) ökade emellertid CO<sub>2</sub>-utsläppen relativt en direkt vägtransport med 22 % vid servicefart, men minskade med 24 % vid lågfart. En orsak till detta utfall var skillnaden i faktiska avstånd där sjötransporten utfördes på en dubbelt så lång sträcka som den direkta vägtransporten.

I de kombinerade uppläggen där både inlandsjöfart och intermodala regionala system för järnvägstransporter användes minskade CO<sub>2</sub>-utsläppen med 85 % i scenario där intermodala transporter användes för 20 000 TEU/år, mellan Stockholm och Örebro, samt inlandsjöfart för 10 000 TEU/år, mellan Stockholm och Västerås. I ett scenario med 2 mellanliggande hamnanlöp, för inlandssjöfart, samt 8 uppehåll för omlastning, för det intermodala systemet, erhöles en minskning av CO<sub>2</sub>-utsläppen med 78 %. I detta scenario transporterades samma mängd lastbärare, som i föregående scenario, i det intermodala systemet (20 000 TEU/år) medan antalet enheter som transporterades i sjöfartssystemet hade ökat till 20 000 TEU/år.

Miljöanalyserna har genomförts under föresatsen att samma typ av bränsle används vid sjöfart och vägtransporter, det vill säga miljödiesel (klass I). Sjöfarten har även möjlighet att använda andra typer av bränslen och eller energikällor såsom etanol, naturgas (LNG), vätgas eller andra slag av miljöbränslen. I denna förstudie har inte effekterna av att använda sådana alternativ beaktats.

Under de angivna förutsättningarna är en slutsats av kartläggningen av scenarionas effekter avseende CO<sub>2</sub>-utsläpp att en övergång till intermodala regionala järnvägstransporter av enhetsberett gods är ett ur miljösynpunkt bättre alternativ än direkta vägtransporter. När intermodala lastbärare i större omfattning skall förflyttas inom Mälardalen, till exempel från en ny hamn i Norvik i Nynäshamn till norra Storstockholm och de inre delarna av Mälardalen.

Eftersom alternativet med inlandsjöfart inte i något av de aktuella scenariona gav lika stora miljöförbättringar i form av minskade CO<sub>2</sub>-utsläpp, relativt vägtransporter, kan de framkomna indikationerna inte ge stöd för ett införande av inlandsvattensjöfart för transporter av intermodala lastbärare inom Mälardalen utifrån ett miljöperspektiv. Att de järnvägsbaserade intermodala transportererna uppvisar fördelar i detta avseende beror på kortare transportsräckor, i scenariona med Norvik som utgångspunkt, samt att elenergi kan användas istället för dieselbränsle.

Omräkningar för CO<sub>2</sub>-utsläpp har skett enligt nordisk elmix, vilket har kompletterats med känslighetsanalyser enligt svensk respektive europeisk elmix. Dessa analyser har inte förändrat resultaten på ett sådant sätt att sjöfartsalternativet skulle vara att föredra framför en järnvägsbaserad lösning ur ett miljö- och utsläppsperspektiv.

### 6.1.2 Energiförbrukning

Den genomförda kartläggningen och analyser av de ansatser som skett inom de olika scenariona har visat att betydande energibesparingar och energieffektiviseringar kan ske om alternativ till direkta vägtransporter av intermodala lastbärareneheter skapas, såsom inlandsvattensjöfart samt intermodala regionala tågssystem.

Vid ett kortväga intermodalt transportupplägg för containrar, mellan en ny hamn i Norvik i Nynäshamn och norra Storstockholm, kunde energibesparingar på uppemot 40 % uppnås när konventionell omlastningsteknik, såsom reach-stacker, användes.

Vid användning av sjötransport kunde energiåtgången vid lågfart minskas med 24 %, i ett upplägg mellan Norvik i Nynäshamn och Bålsta i nordvästra Storstockholm. Vid servicefart ökade däremot energiåtgången gentemot en direkt vägtransport med 20 %. Problemet med detta upplägg var att transportsträckan till sjöss var dubbelt så lång som motsvarande landtransportsträcka.

För ett upplägg för transport av intermodala lastbärare främst trailers, mellan Västerås och Stockholm indikerades att energiförbrukningen kunde minskas med nästan två tredjedelar (66 %) jämfört med direkta vägtransporter. Vid en jämförbar transport av containrar mellan Västerås och Värtahamnen i Stockholm kunde energiåtgången minskas med 40 % vid normal hastighet (servicehastighet) för ett inlandsvattenfartyg och med mer än två tredjedelar (68 %) vid ett lågfartsalternativ. Transportavstånden, eller distansen var i detta fall av samma storleksordning för de jämförda alternativen.

I ett kombinerat upplägg med både intermodala transporter på järnväg mellan den nya hamnen i Norvik samt ett antal platser i Mälardalen framkom att energibesparingar på 70 % kunde uppnås i systemet relativt direkta vägtransporter i samma relationer. Dock noterades att effekterna var större när gods överfördes till järnväg istället för sjöfart. En erfarenhet från dessa analyser var att energibesparingar lättare kan åstadkommas med intermodala transportlösningar än med inlandssjöfart. En väsentlig orsak är att inlandssjöfarten, vid transporter från främst Norvik tvingas till en stor omväg genom Stockholms södra skärgård vilken ökar distansen, eller transportsträckan, med minst 80 km samtidigt som denna omväg tar betydande tid i anspråk.

### 6.1.3 Ekonomi

Den genomförda kartläggningen av de ekonomiska effekterna av att använda olika alternativ till direkta vägtransporter, såsom inlandsvattensjöfart samt regionala intermodala järnvägstransporter, har indikerat att sådana lösningar är möjliga att etablera och driva under likartade ekonomiska betingelser som direkta vägtransporter. Detta kan skapa möjlighet att som i ett angivet exempel transportera en container till en viss kostnad mellan Norvik och Västerås oavsett vilket transportmedel som väljs.

Ytterligare kunskap fordras dock bland annat om vilka krav på avgångsfrekvenser som bör ställas på de olika systemen samt vilka effekter fluktuationer i efterfrågan av transportkapacitet får på kostnadsbilden, främst för sjöfartssystem. Vidare är det av intresse att undersöka hur effektiviseringar av omlastningen i hamnar och vid intermodala, genom ny eller mer kostnadseffektiv teknik, terminaler kan minska kostnaderna för inlandsvattensjöfart respektive regionala intermodala transporter.

En lösning med kran ombord på ett inlandsvattenfartyg har indikerats vara en kostsam lösning utifrån de villkor som gäller, bland annat att samtliga lastbärare lastas med hamnens utrustning i Norvik samt att hanteringskostnaden vid kombiterminaler samt i hamnar i Mälaren satts till en låg nivå.

Med högre hanteringskostnader med utrustning i land samt förutsättningen att all lastning och lossning av fartyget utfördes med den egna lastkranen skulle detta fartyg kunna bli mer konkurrenskraftigt gentemot det konventionella inlandsvattenfartyget respektive de intermodala transporterna på järnväg. Om hanteringskostnaderna i land ökade skulle dock konkurrenskraften gentemot direkta lastbilstransporter förloras.

Denna kartläggning och jämförelse har vidare visat att det är svårt att åstadkomma lösningar som kostnadsmässigt är väsentligt billigare än direkta vägtransporter på avstånd upp till 100 – 150 km. Istället bör strävan vara att åstadkomma en likartad kostnadsbild där minskad resursförbrukning i form minskad energianvändning samt miljöhänsyn i form av minskade utsläpp istället får avgöra valet av transportlösning.

## 6.2 Diskussion

Förstudien har visat på möjligheter som finns att skapa regionala transportsystem för enhetslastat gods som alternativ till direkta vägtransporter. Studien har även visat på begränsningar i dessa ansatser samt möjligheter till utveckling i andra riktningar.

### 6.2.1 Samordning av terminalstruktur och transportupplägg

Ett strategiskt område som Godstransportrådet i Östra Mellansverige (Rådet) har identifierat är att skapa ett storregionalt upplägg för enhetslastat gods (Trafikverket, 2012). Rådets uppfattning var i likhet med denna studies konceptuella idé att enhetslastat gods i en ökad utsträckning skulle kunna anlända direkt till Östra Mellansverige via hamnar i området varvid landinfrastrukturen avlastas och att transporternas hållbarhet kan öka. En utveckling av transportkedjor som använder miljömässigt fördelaktig sjöfart för transporter till och från Mälardalen är enligt Rådet önskvärd.

Vidare påpekades att ett storregionalt kombisystem för enhetslastat gods skulle kunna koppla samman de viktigaste logistikområdena (hamnar, flygplatser och terminaler) med de nationella godsflödena och de stora konsumtionsområdena. Genom en effektiv terminalstruktur och tydliga transportupplägg inom Östra Mellansverige skulle förutsättningarna för en samordning av flödena förbättras, både för transporter till och från Östra Mellansverige och för transporter inom regionen. Ett förverkligande av detta skulle, förutom bra trafikeringsupplägg och en bra infrastruktur, kräva en regional terminalstrategi. Enligt denna kan några stora terminaler utvecklas till *Freight services centers* samtidigt som flera små *hållplatser* skapas för intermodal omlastning.

### 6.2.2 Mälaren som farled och del i ett stort transportsystem

Förstudien har visat att Mälaren redan idag utgör en viktig del av transportsystemet i Mälardalen. Mälaren är en viktig transportled för bulkgoods där kvantiteten av de viktigaste typerna av gods uppgick till 1 250 000 ton (se tabell 43). Till detta kommer icke kvantifierade mängder av importerade bränslen, såsom bränsleflis, kol och annat avfall, som används som energi, främst i värmekraftverket i Västerås, samt kemiska produkter och insatsvaror till den kemiska industrin i Köping.

Tabell 43. Exempel på bulkgoods som transporterades på Mälaren 2015

Typ av bulkgoods	Kvantitet (ton)	Hamnar/orter
Cement	350 000	Bålsta, Köping och Västerås
Gips	80 000	Bålsta
Drivmedel/petroleum	500 000	Västerås
Spannmål	320 000	Köping och Västerås
	1 250 000	

De stora mängderna av bulkgoods kan ställas i relation till att det i Västerås under 2015 hanterades 12 500 TEU enhetslastat gods som ankom eller avsändes med traditionella fartyg. Detta motsvarar en godsmängd på 120 000 ton. Det kan vidare konstateras att med scenarionas ansatser om att 15 % av de i Norvik hanterade, 30 000 TEU/år skulle transporteras vidare i Mälardalen skulle den omräknade godsmängden på 294 000 ton vara liten i jämförelse med de mängder av bulkgoods som transporteras i Mälaren.

En slutsats är att Mälarsjöfarten även framledes främst kommer att vara baserad på transporter av bulkgoods. Den behovsbild som formas för dessa transporter kommer även att vara dimensionerande för hur farleder och hamnar kommer att utvecklas. Ett område som berörs är avfallstransporter där sjöfartlösningar används bland annat i Japan (se avsnitt 2.1.4). Noterbart är att avfall importerats till Sverige för energiutvinning genom förbränning, bland annat till värmekraftverket vid hamnen i Västerås.

### 6.2.3 Transporter med inlandsvattenvägsfartyg

#### Möjlig användning av inlandsvattenfartyg i skärgårdar

Ansatzerna i de scenarion som denna studie bygger på utgår från att de containrar som sjövägen anländer till Mälardalsregionen kommer att öka när den nya storhamnen som byggs i Norvik, utanför Nynäshamn har öppnats.

Eftersom containerhanteringen i Stockholms frihamn upphör när Norvik öppnas samt att intresset för att anlöpa Södertälje då bedöms minska har antagandet i denna studie varit att inlandsvattenfartyg skall kunna trafikera Stockholms södra skärgård för att nå Norvik. Detta kräver emellertid att regelverken ändras och att farleden från Stockholm till Norvik, genom Stockholms södra skärgård, godkänns som inre vattenväg. Med dagens regelverk kan dessa fartyg, utanför Mälaren endast angöra Södertälje hamn och hamnar inne i Stockholm. Av intresse är därför att i en fortsättningsstudie vidare utreda förutsättningarna för att i bland annat Stockholms skärgård använda fartyg med inlandsvattenvägsklassning samt att kartlägga i vilka leder och vilka vattenområden i skärgården som dessa fartyg i så fall kan tillåtas trafikera.

#### Utveckling utbyggnad av farleder

Om inlandsvattenfartyg kan tillåtas trafikera Stockholms skärgård vore ett nästa steg i utvecklingen att utforma farleder anpassade för dessa fartygs förutsättningar. I denna studies inledning undersöktes lämpliga farleder för denna typ av sjöfart. För trafik från Norvik till Värtahamnen fanns två alternativa sträckningar genom skärgården, antingen en kortare väg genom Baggenstäket eller en längre väg runt Värmdölandet. Eftersom denna farled på ett ställe är mycket smal och svårpasserad ansattes i denna studie den längre och mer lättnavigerade rutten runt Värmdölandet. Emellertid är det av intresse att undersöka hur den kortare vägen genom Baggenstäket skulle kunna förbättras, och rätas, för att möjliggöra en effektiv inlandsvattensjöfart. Även genare vattenvägar kring Norvik vore av intresse, exempelvis genom en utvidgad Yxlö kanal.

#### Utveckling av inlandsvattenfartyg för användning i kustområden

Om dagens inlandsvattenfartyg inte kan tillåtas i skärgårdstrafik uppstår en fråga om vilken utveckling av denna fartygstyp som krävs för att skärgårdstrafik skall vara möjlig. Om fartygen måste vidareutvecklas är det samtidigt av intresse om detta kan ske på ett sådant sätt att fartygen därefter kan användas för mer optimala rutter än genom Stockholms södra skärgård. Av intresse är ett fartyg som anpassas för trafik på Mälaren från Norvik och även kan ta en kortare och snabbare väg in i Mälaren, via Landsort, Hallsfjärden och Södertälje. Fartyget kan i så fall vid Landsort möta öppet hav och måste därför vara anpassat för detta.



Ett sjöfartsupplägg i Mälaren kan i detta fall sträcka sig från Norvik till Västerås, och eventuellt även Köping, via Bålsta. Eftersom detta innebär att inlandsvattensfartygen måste vidareutvecklas och anpassas till svenska/nordiska förutsättningar innebär detta att marknaden för ett fartygskoncept av detta slag måste kartläggas tillsammans med vilka förändringar som kommer att krävas.

### **Fördelar med inlandsvattensjöfart**

En fördel med ett upplägg med inlandsvattensjöfart är även att trafikeringen av Mälaren till och från Västerås med containerfartyg genom Södertälje kanal kan ersättas med inlandsvattenfartyg mellan Norvik alternativt Södertälje och Västerås.

Om de stora fartygen istället vänder i Södertälje eller Norvik istället för i Västerås skapas förutsättningar för mer frekventa skeppningar till olika europeiska hamnar. Att angöra Västerås med fartyg innebär en tidsåtgång på nästan ett dygn för att passera Mälaren fram och åter, mellan Södertälje och Västerås. Det finns därför intresse av att endast anlöpa Norvik eller Södertälje. Anlöpen ökar också kostnaderna då farleds- och lotsavgifter måste betalas för den extra sträckan över Mälaren till Västerås.

### **Nackdelar med inlandsvattensjöfart**

Inlandsvattensjöfartens nackdelar består i att transporterna är långsamma i jämförelse med landtransporter. Detta kan i vissa fall förstärkas av att avstånden till sjöss, mellan olika noder i transportsystemet, är längre än avstånden på land. En nackdel med den rutt som ansattes i studiens scenarion var att den medförde en extra distans, eller tillkommande avstånd på 80 km jämfört med en landtransport. Detta innebär likaså att eventuell hanteringsutrustning ombord (lastkranar) får ett lågt tidsmässigt utnyttjande. Fartygens höga kapacitet innebär, utöver stordriftsfördelar även att avgångsfrekvensen begränsas vilket medför längre ledtider vid sjötransporter än vid landtransporter.

Av de genomförda intervjuerna framkom att transportköparna hade pressats av att transport- och ledtiderna hade ökat, vilket var en följd av de hastighetssänkningar för fartyg i transocean sjöfart, som rederierna genomfört för att spara bränsle (se avsnitt 2.1.4). Eftersom regionala containertransporter i Mälardalen ofta är en del i en längre transportkedja, i vilken transocean sjöfart kan utgöra en beståndsdel, kan även långa transporttider för de regionala transporterna besvara transportköparna.

## **6.2.4 Regionala intermodala transportsystem på järnväg**

Regionala intermodala transporter bedöms enligt denna studie ha goda förutsättningar att bidra till en minskad energianvändning och minskade koldioxidutsläpp (CO<sub>2</sub>) vid transporter av enhetslastat gods i Mälardalen. Här kan även noteras att en hamnpendel endast kräver en omlastning, mellan väg och järnväg, vilket ökar de intermodala transportkedjornas konkurrenskraft. Av intresse är därför att skapa olika regionala intermodala upplägg, bland annat i anslutning till en ny hamn i Norvik.

### **Järnvägspendel inom Storstockholm (Stockholms län)**

En hamnpendel på järnväg kan etableras inom Storstockholm, mellan Norvik och Rosersbergs kombiterminal (92 km). Med ett uppehåll i Jordbro knyts den nod som förväntas svara för den största mängden av intermodala lastbärare till och från Norviks hamn till transportsystemet. Pendeln avses även göra ett uppehåll vid Årsta kombiterminal. En pendel mellan Norvik och Rosersberg, via Jordbro och Årsta anses kunna attrahera godsflöden för vilka järnvägens stordriftsfördelar kan utnyttjas. På kombiterminalerna finns förutsättningar för en effektiv hantering, vilket medför att en konkurrenskraftig intermodal transportkedja för containeriserat gods kan skapas.

## Järnvägspendel för dagligvaror

Dagligvaruhandelns flöden kan även vara lämpade för regionala järnvägstransporter. Idag utförs dessa transporter uteslutande med lastbil. Eftersom lastbilsdimensionerna är begränsade inom Stockholms stad, utnyttjar ett dagligvaruföretag *cross-dock*, från större ekipage till mindre distributionsbilar på ett par platser i Stockholmsområdet. I andra fall används mindre distributionsbilar direkt från aktörernas lageranläggningar. En fråga är även var intermodal omlastning kan utföras i Västerås där driften vid den nuvarande kombiterminalen är avvecklad. I hamnen finns möjlighet till omlastning men förutsättningarna för järnvägsdrift är mindre bra, med bland annat korta spår. Ett alternativ är därför att anlägga en småskalig kombiterminal såsom tidigare beskrivits.

## Järnvägspendel inom Mälardalsregionen

Ett regionalt intermodalt järnvägsbaserat transportsystem kan täcka Mälardalen, norr och söder om Mälaren, samt omfatta Svealandskorridoren och Mälärbanan. Inom detta område transporteras enhetslastat gods främst med lastbil och en stor del av detta anländer väster- och söderifrån, på väg och järnväg. Betydande flöden av enhetslastat gods som anländer till kombiterminaler i de västra och mellersta delarna av regionen och skulle därför kunna omlastas på tåg, för transport till Stockholmsområdet. Upplägget överensstämmer med ett tidigare presenterat system med CESS-terminaler (se avsnitt 2.1.3). I Hallsberg, Katrineholm, Eskilstuna, Södertälje hamn, Årsta och Örebro finns stora konventionella kombiterminaler som i detta scenario sammanlänkas. Mindre terminaler kan dessutom etableras i Nykvarn och Tumba.

### 6.2.5 Kombinerat regionalt transportsystem

I ett scenario kombinerades inlandsvattensjöfart mellan Norvik och Västerås, via Värtahamnen och Bålsta i nordvästra Stockholmsområdet med en slinga för regionala intermodala järnvägstransporter, i Svealandskorridoren söder om Mälaren, mellan Norvik och Örebro. I denna slinga kunde dessutom mellanliggande uppehåll skapas i Hallsberg, Katrineholm, Eskilstuna, Nykvarn, Södertälje, Tumba och Årsta.

Sjöfartssystemet baseras på ett inlandsvattenfartyg som genomför 3 dubbelresor per vecka mellan Norvik och Västerås, med mellanliggande angöringar i Värtahamnen och Bålsta. Detta skulle i ett inledande skede innebära en avgång varannan dag i respektive riktning och att transportkapaciteten skulle uppgå till på 27 000 TEU/år. Vid en tillväxt i godsmängden kan ett till fartyg anskaffas varvid en avgång per veckodag (måndag - fredag) kan erbjudas vid en kapacitet på 45 000 TEU/år.

Det regionala tågssystemet utformas som ett linjetågssystem där uppehåll sker vid både små och stora kombiterminaler och där de mellanliggande upphållen sker på korta och medellånga inbördes avstånd. Detta innebär att det är av stor vikt att ge systemet en kostnadseffektiv utformning. En nyckel till detta, baserat på resultat från denna och andra studier om intermodala tågssystem, är att utnyttja små och kostnadseffektiva omlastningsplatser. Detta eftersom omlastningskostnaden har en stor inverkan på kombitransportens konkurrenskraft. Små terminaler kan även lokaliseras till platser i järnvägsnätet där sidospår och uppställningsytor redan är etablerade.

## 6.3 Slutsatser

En slutsats av denna studie är att det är svårt att åstadkomma transportlösningar för enhetslastat gods såsom containrar som utifrån ett kostnadsperspektiv är väsentligt billigare än direkta vägtransporter på avstånd upp till 100 – 150 km.

Istället bör en strävan vara att åstadkomma en likartad kostnadsbild för de transportlösningar som kan utgöra alternativ där minskad resursförbrukning i form minskad energianvändning samt miljöhänsyn i form av minskade utsläpp får avgöra valet av transportlösning.

En slutsats av denna studie är vidare att det finns stora möjligheter att skapa sjöfarts- eller järnvägsbaserade energieffektiva transportlösningar som ett alternativ till direkta vägtransporter av enhetslastat gods, främst containrar, inom Mälardalen. Detta gäller särskilt vid transporter till och från den kommande storhamnen Norvik i Nynäshamn. Vidare kan en etablering av sådana transportlösningar bidra till väsentligt lägre utsläpp av koldioxid (CO<sub>2</sub>) än vad som skulle varit fallet vid direkta vägtransporter.

På de kortaste undersökta avstånden är det dock svårt att uppnå energibesparingar och miljöfördelar av att använda sjöfart, främst på grund av längre transportavstånd.

Studien har även indikerat att vid ett, utifrån ett regionalt perspektiv, medellångt transportavstånd, exemplifierat av transporter mellan den nya hamnen i Norvik och Västerås, erhålls en likartad kostnadsnivå för att transportera enhetslastat gods. Detta oavsett om det transporteras med direkt vägtransport, intermodal järnvägstransport eller inlandsvattenfartyg. Jämförelsen utgör dock endast som indikation eftersom osäkerhet råder om kostnadsbilden och nivåerna för olika kostnader som är förenade med att driva ett inlandsvattenfartyg i Sverige. Vidare kräver en sjöfartslösning stora godsmängder samtidigt som transportköparna inledningsvis måste acceptera en lägre avgångsfrekvens än för andra transportmedel, med avgångar högst varannan dag.

Kostnadsindikationen har visat att den variant av inlandsvattenfartyg som var utrustad med en lastkran ombord, och vid jämförelser uppvisade påtagligt högre kostnader än de övriga alternativen, bör avföras som alternativ till en regional transportlösning för Mälardalen. Kostnadsindikationen visade vidare att inget av de övriga studerade huvudalternativen till regional transportlösning för Mälardalen hittills kunnat avföras.

Förstudien har emellertid visat att ett regionalt intermodalt järnvägsbaserat system för transporter av enhetslastat gods utifrån alternativens nuvarande prestanda erbjuder de största energibesparingarna och minskningarna av koldioxidutsläpp (CO<sub>2</sub>). För ett transportupplägg mellan Norvik och ett antal platser i Mälardalen, såsom Bålsta, Västerås, Eskilstuna och Örebro, indikerades att energiförbrukningen kunde bli nästan 80 % lägre om en intermodal lösning valdes istället för en direkt vägtransport. Samtidigt kunde CO<sub>2</sub>-utsläppen minska med över 80 %. Vid en sjöfartslösning kunde energiförbrukningen minska med 16 % respektive 56 %, jämfört med en direkt vägtransport och främst beroende på om fartyget framfördes i servicefart eller lågfart. Minskningarna i CO<sub>2</sub>-utsläpp beräknades samtidigt till 15 % respektive 56 %.

En slutsats av förstudien är att ett regionalt intermodalt järnvägsbaserat system för transporter av enhetslastat gods, med en sträckning från Norvik till Örebro, med två slingor på respektive sida om Mälaren utifrån dagens förutsättningar rekommenderas. Ett inlandsvattenbaserat system för transporter av enhetslastat gods är emellertid av intresse och kan i framtiden utgöra ett alternativ till den norra slingan i det järnvägsbaserade systemet. Ett införande av ett system av detta slag kräver emellertid ytterligare kunskapsinhämtning och studier inom några områden som nedan anges.

## 6.4 Förslag till fortsatta studier

Den genomförda förstudien har visat att ytterligare kunskapsuppbyggnad krävs inom ett antal områden varför några förslag till fortsatta studier har framlagts.

### 6.4.1 Inlandsvattenfartyg i skärgårdstrafik och nya farleder

I denna förstudie har en föresats varit att inlandsvattenfartyg enligt de utföranden som utgör en standard i Centraleuropa även skall kunna användas Stockholms södra skärgård, för trafik mellan Norvik och Stockholm. Detta utan genomgripande tekniska förändringar, men möjligen efter komplettering av säkerhetsutrustning ombord. Ett första steg i en fortsättningsstudie skulle vara att analysera samt utvärdera om och under vilka förutsättningar dessa inlandsvattenfartyg kan tillåtas trafikera skärgården.

Ett problem med det upplägg för trafik mellan Norvik och Stockholm som utgjort ansats i denna förstudie är att den distans fartyget måste avverka, eller avståndet till sjöss, blir betydligt längre för en sjötransport jämfört med en landtransport.

Detta innebär att det även är av intresse att kartlägga och analysera om och i vilken omfattning det är möjligt att skapa rakare farleder för dessa fartyg vilket medför att kortare distanser kan väljas än vad som är fallet när de allmänna stora farlederna i skärgårdarna utnyttjas. Ett exempel på detta kan vara att etablera en kustnära farled mellan den nya hamnen i Norvik och centrala Stockholm genom bland annat Yxlö kanal och Baggensstaket.

### 6.4.2 Närsjöfart i skärgårdar och kustområden

De områden som identifierats som svenska inlandsvattenområden är av begränsad omfattning. Detta vid en jämförelse av den potential för sjöfart som finns i Sverige, när även skärgårdar och kustområden inräknas. För att inlandsvattenvägarna ska bli mer attraktiva än hittills måste ansatsen om ett regionalt logistiksystem vidgas till att även innefatta skärgårdar och kustområden.

Av intresse är att kartlägga och analysera förutsättningarna för att bedriva sjöfart med fartyg som vidareutvecklas utifrån nuvarande regelverk för inlandsvattenklassificering för att även kunna användas i Östersjöns skärgårdar och i olika definierade kustområden (kustzoner). Ett behov som nämnts i denna förstudie är bland annat att utveckla inlandsvattenfartyg som kan tillåtas trafikera en rutt mellan Mälaren och Norvik via Södertälje kanal och Landsort.

### 6.4.3 Intermodala regionala järnvägs- och terminalsystem

Förstudien har visat att en viktig parameter vid en vidareutveckling av det regionala intermodala järnvägssystemet är att öka energieffektiviteten, samt minska kostnaderna och CO<sub>2</sub>-utsläppen i samband omlastning vid intermodala terminaler samt för de anslutande vägtransporterna. Detta kan åstadkommas genom att system och utrustning för energi- och kostnadseffektiv omlastning på mindre terminaler utvecklas.

På detta sätt kan ett större antal till formatet små terminaler etableras som noder i ett intermodalt linjetågssystem av det slag som beskrivits i denna studie samt utgjort en grund för de ansatser som scenariona omfattat. Marknadstäckning för det intermodala tågssystemet kan vidare öka samtidigt som medeltransportavståndet för de anslutande vägtransporterna kan minimeras, vilket förväntas medföra stora energibesparingar och betydande utsläppsminskningar.

### 6.4.4 Effekter av utökad feeder-sjöfart och färre direktanlöp

Av intresse är att kartlägga effekter på energiförbrukning och miljöpåverkan vid förändrade mönster för transoceaniska transporter av enhetslastat gods, främst i fall där andelen sjöfart med feederfartyg och/eller inlandsvattenfartyg ökar på bekostnad av direkt oceansjöfart till mindre och medelstora transoceaniska hamnar såsom Göteborg.

## Referenser

### Litteratur

- Andersson M, *Beräkning av våghöjder längs Sveriges kust som underlag till genomförande av EUs regelverk om inre vattenvägar*, SMHI Rapport NR 2015 – 56, SMHI, Norrköping, 2015.
- Avfall Sverige, *Svensk Avfallshantering 2015*, Avfall Sverige, Malmö, 2015.
- Axiö J, *Distribution av flytande bränslen på Mälarens och Stockholms inre vattenvägar*, Dnr 15-03104, Sjöfartsverket, Norrköping, 2016.
- Bark P, red, *Materialhantering – 3e omarbetade utgåvan*, TFK-rapport 2002:8, TFK, Stockholm, 2002.
- Behrends S, Flodén J, *The effect of transshipment costs on the performance of intermodal line-trains*, Logistics Research, 2012.
- Breitholtz E, Toftgård M, Lundqvist A, *Miljörisker vid transport av flytande diesel – nulägesanalys*, Ragn-Sells Miljökonsult AB, Stockholm, 2016.
- Bäckström S, Bohlin M, Franzen U, Jonsson P, *Miljökalkyler för intermodala transportkedjor Detaljerad beräkningsmetodik och relevanta schablonvärden*, Rapport nr. 2009:6, WSP Analys och Strategi, Göteborg, 2009.
- Bärthel F (2012a), *Effektiva linjeterminaler, Huvudrapport: Kartläggning och probleminventering avseende intermodala linjeterminaler*, TFK-rapport 2012:1, TFK, Stockholm, 2012.
- Bärthel F (2012b), *Effektiva linjeterminaler, Rapportbilaga: Inventering av terminal- och hanteringstider*, TFK-rapport 2012:2, TFK, Stockholm, 2012.
- Bärthel F, Woxenius J, *The Dalecarlian Girl – Evaluation of the implementation of the Light Combi concept*, Proceedings of the Alliance for Global Sustainability annual meeting in Tokyo, Japan, 2003.
- Castellano Cantó L, Ladaria Escolano E, *Technical analysis of the transportation and management of waste system within the Stockholm-Mälaren Region*, Master Thesis, KTH TSC-MT 16-012, Department of Transport Science, KTH Railway Group, Kungliga Tekniska Högskolan, Stockholm, 2016.
- Cefic, *Guidelines for measuring and managing CO<sub>2</sub> emissions from transport operations*. Cefic-ECTA, Brussels, Belgium, 2011.
- Cider L, *Tyngre och längre transporter för ökad transporteffektivitet*, Volvo, 2016.
- Dagligvarukartan 2016*, Delfi, DLF och HUI Research, Stockholm, 2016.
- Davidsson P, Persson JA, Woxenius J, *Measures for increasing the loading space utilization of intermodal line train systems*, Proceedings of the 11<sup>th</sup> World Conference on Transport Research, June 24-28, 2007, University of California, Berkeley, 2007.
- van Dorsser C (2015a), *Very long development of the Dutch inland waterway transport system*, TRAIL Thesis Series T2015/8, 2015.
- Flodén J, *Modelling Intermodal Freight Transport – The Potential of Combined transport in Sweden*, Doctoral Thesis, Handelshögskolan vid Göteborgs Universitet, 2007.

Fröidh O, Svealandsbanan. *En studie av efterfrågan före och efter etableringen av ett nytt tågsystem mellan Stockholm och Eskilstuna*, Kungliga Tekniska Högskolan, TRITA-IP FR 99-58, Stockholm, 1999.

Greater London Authority, *London's wasted resource, The Mayor's Municipal Waste Management Strategy*, London, 2011.

Grimm M, *Järnvägens kapacitet 2015 – uppföljning av kapacitetsutnyttjande i det svenska järnvägsnätet – Underlag till årsredovisning 2015*, Publikationsnummer: 2016:038, ISBN: 978-91-7467-925-0, Trafikverket, Borlänge, 2016.

Hulsart B, Nilsson P, *Fritidshamnar i norra Mälaren*, Uppsala segelsällskap 2015.

Jensen J, Bark P, Storhagen NG, *Hållbara intermodala transporter av dagligvaror – godsflödeskartläggning*, TFK-rapport 2011:5, TFK, Stockholm, 2011.

Johansson H, *Lättkombi – Inventerade terminallägen*, Trafikverket, Borlänge, 1998.

Kordnejad B, *Intermodal Transport Cost Model and Intermodal Distribution in Urban Freight*, *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, Volume 125, p. 358–372, 2014.

Kordnejad B (2016), *Stakeholder Analysis in Intermodal Urban Freight Transport*, *Transportation Research Procedia*, Volume 12, p. 750–764, 2016.

Mercurius, *Crane Barge Mercurius-Amsterdam*, Mercurius Shipping Group, Zwijndrecht, 2015.

Mälardalsrådet, *Godsflöden i Östra Mellansverige – gemensam rapport*, Mälardalsrådet, Stockholm, 2013.

Nemoto T, Browne M, Visser J, Castro J, *Intermodal transport and city logistics policies*, *Recent advances in city logistics: proceedings of the 4th international conference on city logistics (Langkawi, Malaysia, 12-14 July, 2005)*, ed. by Taniguchi E, Thompson RG, Elsevier, Amsterdam and Oxford, 2006.

Okumura M, *Recent endeavors for road-rail intermodal shifting in Japan*, *Road-Rail Intermodalism Workshop in Washington DC*, Sept 22-23, 2005.

Petterson H, Izzo M, Ado A, Berntsson S, Söderbaum F, *Dagligvaruhandelns distribution – en kartläggning*, PM 2015:17, Trafikanalys, Stockholm, 2015.

Pettersson M, Orwén F, Bohlin M, *Citylogistik i Sveriges storstadsområden*, WSP Analys & Strategi, Göteborg, 2012.

Port of Helsinki, *Annual Report 2015*, Helsingfors, 2016.

Seattle Government, *Solid Waste by Rail in the Pacific Northwest (Appendix E)*, Seattle, 2003.

SNCF, *L'Espace Urbain de Distribution de Chapelle International Paris 18ème arrondissement*, SOGARIS, SNCF, 2014.

Stockholms Läns Landsting (SLL), *Regional utvecklingsplan för Stockholmsregionen – RUF 2010*, R2010:5, SLL, Stockholm, 2010.

Stockholms stad, *Bilagor till Avfallsplan för Stockholm 2013-2016 – på väg mot ett Stockholm i världsklass*, Stockholm, 2013.

Storhagen NG, Bärthel F, Bark P, *Intermodala transporter av dagligvaror*, TFK-rapport 2008:3, TFK, Stockholm, 2008.

- Taniguchi E, Diziain D, Dablanc L, *Urban logistics by rail and waterways in France and Japan*, Proceedings of 8th International Conference on City Logistics, 2013.
- TERM, *Specific CO<sub>2</sub> emissions data for road, rail and inland shipping transport, 1995 - 2011 from TREMOVE v3.3.1'*, TERM, 2012.
- Trafikanalys, *Lastbilstrafik 2014*, Statistik 2015:21, Trafikanalys, Stockholm, 2015.
- Trafikanalys, *Godstransporter i Sverige – redovisning av ett regeringsuppdrag*, Rapport 2012:7, Trafikanalys, Stockholm, 2012.
- Trafikverket, *Kapacitetsbrister på järnvägsätet 2015 och 2021 efter planerade åtgärder*, Publikationsnummer: 2011:138 ISBN: 978-91-7467-208-4, Ärendenummer: TRV 2011/17304, Borlänge, 2011.
- Trafikverket, *Godsstrategi för Östra Mellansverige*, Trafikverket, Borlänge, 2012.
- Transport for London, *Developing a Multi-Modal Refuse Collection System for London*, Project Report 11:2008, London, 2008.
- Transportnytt, *Största kombiterminalen finns i Nässjö*, Transportnytt 3-2014, Sundbyberg, 2014.
- Vasilevskaya A, *Port intermodal transportation, Port of Stockholm hinterland scenario analysis*, KTH TSC-MT 16-011, Kungliga Tekniska Högskolan, Stockholm, 2016
- Viert I, Mellin A, Hylén B, Karlsson J, Karlsson R, Johansson M, *Kartläggning av godstransporterna i Sverige*, VTI rapport 752, Linköping, 2012.
- WasteByRail, *Providing Rail Access to Landfills Coast to Coast*, Waste Management, 2016.
- Wiegman B, Konings R, *Intermodal Inland Waterway Transport: Modelling Its Costs Competitiveness*, Asian Journal of Shipping and Logistics 31(2):273-294, June 2015 with 58 Reads DOI: 10.1016/j.ajsl.2015.06.006
- Woxenius J (1998a), *Intermodal Transshipment Technologies – An Overview*, Detached appendix to the dissertation: *Development of Small-scale Intermodal Freight Transportation in a Systems Context*, Department of Transportation and Logistics, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden, 1998.
- Woxenius J (1998b), *Evaluation of Small-scale Intermodal Transshipment Technologies*, In Bask AH and Vespäläinen PJ (Eds), *Opening Markets for Logistics*, Proceedings of the 10<sup>th</sup> NOFOMA Conference, Helsinki, 1998.

## **Internet**

- Arkon, 2016  
<http://www.arkon-shipping.eu/>
- Free.fr, 2008  
<http://photostp.free.fr/phpbb/viewtopic.php?f=73&t=743&start=620>
- Intelligent Logistik, *Proteststorm mot Bålsta som industrihamn*, augusti 2015  
<http://intelligentlogistik.com/>
- Jordbruksaktuellt, *Ett skepp kommer lastat*, 2016  
<http://www.ja.se/artikel/48588/ett-skepp-kommer-lastat.html>
- Järnväg.net, 2016  
<http://www.jarnvag.net/banguide/karlberg-vartan>

Maersk, 2016

<http://www.maersk.com/>

Mercurius, 2016

<http://www.mercurius-group.nl/>

Mälardalen, 2016

<http://www.malarhamnar.se/>

NTM, 2016

<https://www.transportmeasures.org/ntmcalc/v4/basic/index.html#/>

Port du Paris, 2016

<http://www.haropaports.com/fr/paris>

Richardson J, *Solid Waste Transportation by Intermodal Railroad*, High Acres Landfill and Recycling Centre, NYSASWM Fall Conference, 2015.

Sjöfartsverket (2016a), 2016

<http://www.sjofartsverket.se/sv/Om-oss/Ekonomi/Farledsavgifter/>

Sjöfartsverket (2016b), *Stäket*, 2016

<http://www.sjofartsverket.se/sv/Sjofart/Sjokort/Opningstider-broar--kanaler/Staket/>

Skanska, *Skanska bygger bro över Stäksundet* – pressmeddelande 1998

<http://group.skanska.com/sv/pressmeddelanden/48744/Skanska-bygger-bro-ver-Staksundet> (hämtat 2016)

SPBI, *Energiinnehåll, densitet och koldioxidemission*, 2016

<http://spbi.se/blog/faktadatabas/artiklar/berakningsmodeller/>

Stockholms Hamnar, 2016

<https://www.stockholmshamnar.se/stockholm/slussar/hammarbyslussen/>

Strömsholms kanal, 2016

<http://www.stromsholmskanal.se/>

Sveaskog, 2016

<http://www.sveaskog.se/Documents/Jakt-fiske-och-friluftsliv/Hjalmare-kanal/Hjalmare-kanal-karta.pdf>

Sveriges Hamnar, *Hamnstatistik 2014-2015*, 2016

<http://www.transportforetagen.se/ForbundContainer/Svenska-hamnar/Branschfragor/Hamnstatistik/Hamnstatistik/>

Trafikverket, 2016

<http://www.trafikverket.se/resa-och-trafik/jarnvag/Sveriges-jarnvagsnat/>

Transportstyrelsen, 2016

<https://www.transportstyrelsen.se/sv/sjofart/Fartyg/Inlandssjofart/Zoner-inlandssjofart>

Wasberg M, *Näringslivets dag (Haninge) – 20 februari 2016*

<http://www.meeriwasberg.se/2016/02/20/naringslivets-dag/>

West London Waste Authority, *What happens to your waste?*, 2016

<http://westlondonwaste.gov.uk/about-us/where-your-waste-goes/>

## **Muntliga källor**

Alzén C, Mälardalen, 2016

Andersson I, Mälardalen, 2016



Bernhardsson M, H&M, 2016  
Brundin N, Mälärprojektet, 2016  
Båått M, Schenker, 2016  
Dankic R, OOCL, 2016  
van Dorsser C (2016), Mercurius Group, 2016  
van Dorsser C (2015b), Mercurius Group, 2015  
Ekstrand M, Cementa, 2015  
Froste E, Södertälje hamn, 2016  
Hjalmarsson E, Thor Shipping, 2016  
Johansson L, Stockholms Stad, 2015  
Kellgren M, Kuhne Nagel, 2015  
Knutas A, Sjöfartsverket, 2015  
Lagerberg R J, Stockholms hamnar, 2016  
Nordström T, Lantmännen, 2016  
Olsson A, Agility, 2015  
Schleyer J, Geodis Wilsson, 2015  
Väisänen J, Fta, 2015  
Widerståhl H, Stockholms hamnar, 2016  
Zetterlund E, Oxelösunds hamn, 2016



# Bilageförteckning

## Bilaga

1. Deltagare vid Workshop genomförd 20 april 2016
2. Beräkningar av energiförbrukning samt CO<sub>2</sub>-utsläpp i ett scenario för transporter av containergods mellan Norvik och norra Storstockholm
3. Beräkningar av energiförbrukning samt CO<sub>2</sub>-utsläpp i ett scenario för transporter av containergods mellan Västerås och Stockholm
4. Beräkningar av energiförbrukning samt CO<sub>2</sub>-utsläpp i ett scenario för ett kombinerat upplägg med sjöfart och järnvägstransporter mellan Västerås och Värtahamnen respektive Örebro och Stockholm Årsta
5. Beräkningar av energiförbrukning samt CO<sub>2</sub>-utsläpp i ett scenario som avser ett kombinerat upplägg mellan Norvik och Mälardalen



## Bilaga 1

### ***Deltagare vid workshop genomförd 20 april 2016***

Peter Bark, TFK

Michael Cedborger, M4

Erik Froste, Södertälje Hamn

Sandra Gegerfelt, Stockholms Hamnar

Eric Hjalmarsson, Thor Shipping

Kjell Håkansson, Coop Logistik

Kristian Karlernäs, TFK

Behzad Kordnejad, KTH

Bo-Lennart Nelldal, KTH



## Bilaga 2

### Beräkningar av energiförbrukning samt CO<sub>2</sub>-utsläpp i ett scenario för transporter av containergods mellan Norvik och norra Storstockholm

Jämförelse: Järnväg - Lastbil				
Nyttolast:	20 000	TEU	196 000	ton
<b>Vägtransport: (Norvik - Rosersberg)</b>				
- kWh / nettoton-km	0,27			
- CO <sub>2</sub> / nettoton-km (g)	69,7			
- Medeldistans (km)	50,0			
Energiåtgång för omlastning i Norvik (kWh)	245 000			
Total energiåtgång (kWh)	2 858 296			
Total CO <sub>2</sub> utsläpp för omlastning i Norvik (ton)	90			
Total CO <sub>2</sub> utsläpp (ton)	772			
<b>Järnvägstransport: (Norvik - Rosersberg)</b>				
- kWh / nettoton-km	0,05			
Energiåtgång för tågdragnin (kWh)	460 130			
Elmix:	Svensk	Nordisk	Europeisk	
- CO <sub>2</sub> / nettoton-km (g)	0,4	4,4	20,1	
- Medeldistans (km)	46,3	46,3	46,3	
CO <sub>2</sub> utsläpp (ton)	4	40	182	
<b>Energiåtgång (kWh) för omlastning:</b>				
- Medelstor kombiterminal med reachstacker (MK) (kWh)	490 000			
- Lättkombi (LK) (kWh)	254 800			
<b>CO<sub>2</sub> utsläpp för omlastning:</b>				
- Medelstor kombiterminal med reachstacker (MK) (ton)	179			
- Lättkombi (LK) (ton)	67			
Energiåtgång för matartransporter på väg ~ 15 km (kWh)	783 989			
CO <sub>2</sub> utsläpp matartransporter på väg ~ 15km (ton)	205			
Total energiåtgång (kWh) (MK)	1 734 119			
Total energiåtgång (kWh) (LK)	1 498 919			
Ändring av energiåtgång (kWh) jämfört med vägtransporter (MK)	-39,3%			
Ändring av energiåtgång (kWh) jämfört med vägtransporter (LK)	-47,6%			
Total CO <sub>2</sub> utsläpp (MK) (ton)	388	424	566	
Total CO <sub>2</sub> utsläpp (LK) (ton)	275	311	454	
Ändring av total CO <sub>2</sub> utsläpp jämfört med vägtransporter (MK)	-49,8%	-45,1%	-26,7%	
Ändring av total CO <sub>2</sub> utsläpp jämfört med vägtransporter (LK)	-64,3%	-59,7%	-41,3%	
<b>Jämförelse: Sjöfart - Lastbil</b>				
Nyttolast:	20 000	TEU	196 000	ton
<b>Vägtransport: (Norvik - Bålsta)</b>				
- kWh / nettoton-km	0,27			
- CO <sub>2</sub> / nettoton-km (g)	69,7			
- Medeldistans (km)	52,5			
Energiåtgång för omlastning i Norvik (kWh)	245 000			
Total energiåtgång (kWh)	2 988 960			
Total CO <sub>2</sub> utsläpp för omlastning i Norvik (ton)	90			
Total CO <sub>2</sub> utsläpp (ton)	806			
<b>Sjöfart: (Norvik - Bålsta)</b>				
<b>Energiåtgång (kWh) för sjöfart:</b>				
- kWh / nettoton-km (servicefart)	0,13			
- kWh / nettoton-km (låg fart)	0,07			
<b>CO<sub>2</sub> utsläpp för sjöfart:</b>				
- CO <sub>2</sub> / nettoton-km (servicefart) (g)	34,4			
- CO <sub>2</sub> / nettoton-km (låg fart) (g)	18,3			
Medeldistans (km)	90			
Energiåtgång (kWh) för sjöfart (servicefart)	2 321 053			
Energiåtgång (kWh) för sjöfart (låg fart)	1 233 059			
CO <sub>2</sub> utsläpp (ton) (servicefart)	606			
CO <sub>2</sub> utsläpp (ton) (låg fart)	322			
<b>Energiåtgång (kWh) för omlastning:</b>				
- ombordskran (MK) (kWh)	490 000			
- gaffeltruck (LK) (kWh)	254 800			
<b>CO<sub>2</sub> utsläpp för omlastning:</b>				
- ombordskran (MK) (ton)	179			
- gaffeltruck (LK) (ton)	67			
Energiåtgång för matartransporter på väg ~ 15 km (kWh)	783 989			
CO <sub>2</sub> utsläpp matartransporter på väg ~ 15 km (ton)	205			
Total energiåtgång (kWh) (MK/servicefart)	3 595 041			
Total energiåtgång (kWh) (LK/låg fart)	2 271 848			
Ändring av energiåtgång (kWh) jämfört med vägtransporter (MK/servicefart)	20,3%			
Ändring av energiåtgång (kWh) jämfört med vägtransporter (LK/låg fart)	-24,0%			
Total CO <sub>2</sub> utsläpp (MK/servicefart) (ton)	990			
Total CO <sub>2</sub> utsläpp (LK/låg fart) (ton)	593			
Ändring av total CO <sub>2</sub> utsläpp jämfört med vägtransporter (MK/servicefart)	22,8%			
Ändring av total CO <sub>2</sub> utsläpp jämfört med vägtransporter (LK/låg fart)	-26,4%			





## Bilaga 3

### Beräkningar av energiförbrukning samt CO<sub>2</sub>-utsläpp i ett scenario för transporter av containergods mellan Västerås och Stockholm

Jämförelse: Järnväg - Lastbil				
Nyttolast:	27 969	TEU	274 092	ton
<b>Vägtransport: (Västerås - Årsta)</b>				
- kWh / nettoton-km	0,27			
- CO <sub>2</sub> / nettoton-km (g)	69,7			
- Medeldistans (km)	55,0			
Energiåtgång för omlastning i Årsta (kWh)	342 615			
Total energiåtgång (kWh)	4 362 573			
Total CO <sub>2</sub> utsläpp för omlastning i Årsta (ton)	125			
Total CO <sub>2</sub> utsläpp (ton)	1 175			
<b>Järnvägstransport: (Västerås - Årsta)</b>				
- kWh / nettoton-km	0,05			
Energiåtgång för tågdragnig (kWh)	779 107			
Elmix:	Svensk	Nordisk	Europeisk	
- CO <sub>2</sub> / nettoton-km (g)	0,44	4,37	20,09	
- Medeldistans (km)	56	56	56	
CO <sub>2</sub> utsläpp (ton)	7	67	308	
Energiåtgång (kWh) för omlastning:				
- Medelstor kombiterminal med reachstacker (MK) (kWh)	685 230			
- Megaswing (MS) (kWh)	-			
CO <sub>2</sub> utsläpp för omlastning:				
- Medelstor kombiterminal med reachstacker (MK) (ton)	251			
- Megaswing (MS) (ton)	-			
Total energiåtgång (kWh) (MK)	1 464 337			
Total energiåtgång (kWh) (MS)	779 107			
Ändring av energiåtgång (kWh) jämfört med vägtransporter (MK)	-66,4%			
Ändring av energiåtgång (kWh) jämfört med vägtransporter (MS)	-82,1%			
Total CO <sub>2</sub> utsläpp (MK) (ton)	257	318	559	
Total CO <sub>2</sub> utsläpp (MS) (ton)	7	67	308	
Ändring av total CO <sub>2</sub> utsläpp jämfört med vägtransporter (MK)	-78,1%	-73,0%	-52,4%	
Ändring av total CO <sub>2</sub> utsläpp jämfört med vägtransporter (MS)	-99,4%	-94,3%	-73,8%	
Jämförelse: Sjöfart - Lastbil				
Nyttolast:	10 000	TEU	98 000	ton
<b>Vägtransport: (Västerås - Värtahamnen)</b>				
- kWh / nettoton-km	0,27			
- CO <sub>2</sub> / nettoton-km (g)	69,7			
- Medeldistans (km)	112			
Energiåtgång för omlastning i Värtahamnen(kWh)	122 500			
Total energiåtgång (kWh)	3 049 391			
Total CO <sub>2</sub> utsläpp för omlastning (ton)	45			
Total CO <sub>2</sub> utsläpp (ton)	809			
<b>Sjöfart (Västerås - Värtahamnen)</b>				
Energiåtgång (kWh) för sjöfart:				
- kWh / nettoton-km (servicefart)	0,13			
- kWh / nettoton-km (låg fart)	0,07			
CO <sub>2</sub> utsläpp för sjöfart:				
- CO <sub>2</sub> / nettoton-km (servicefart) (g)	34,4			
- CO <sub>2</sub> / nettoton-km (låg fart) (g)	18,3			
- Medeldistans (km)	124			
Energiåtgång (kWh) för sjöfart (servicefart)	1 598 947			
Energiåtgång (kWh) för sjöfart (låg fart)	849 441			
CO <sub>2</sub> utsläpp (ton) (servicefart)	418			
CO <sub>2</sub> utsläpp (ton) (låg fart)	222			
Energiåtgång (kWh) för omlastning:				
- ombordskran (MK) (kWh)	245 000			
- gaffeltruck (LK) (kWh)	127 400			
CO <sub>2</sub> utsläpp för omlastning:				
- ombordskran (MK) (ton)	90			
- gaffeltruck (LK) (ton)	33			
Total energiåtgång (kWh) (MK/servicefart)	1 843 947			
Total energiåtgång (kWh) (LK/låg fart)	976 841			
Ändring av energiåtgång (kWh) jämfört med vägtransporter (MK/servicefart)	-39,5%			
Ändring av energiåtgång (kWh) jämfört med vägtransporter (LK/låg fart)	-68,0%			
Total CO <sub>2</sub> utsläpp (MK/servicefart) (ton)	507			
Total CO <sub>2</sub> utsläpp (LK/låg fart) (ton)	255			
Ändring av total CO <sub>2</sub> utsläpp jämfört med vägtransporter (MK/servicefart)	-37,3%			
Ändring av total CO <sub>2</sub> utsläpp jämfört med vägtransporter (LK/låg fart)	-68,5%			



## Bilaga 4

Beräkningar av energiförbrukning samt CO<sub>2</sub>-utsläpp i ett scenario för ett kombinerat upplägg med sjöfart och järnvägstransporter mellan Västerås och Värtahamnen respektive Örebro och Stockholm Årsta

Jämförelse: Järnväg - Lastbil				
Nyttolast:	20 000	TEU	196 000	ton
<b>Vägtransport: (Örebro - Årsta)</b>				
- kWh/ nettoton-km	0,27			
- CO <sub>2</sub> / nettoton-km (g)	69,7			
- Medeldistans (km)	143			
Energiåtgång för omlastning i Årsta (kWh)	245 000			
Total energiåtgång (kWh)	7 719 025			
Total CO <sub>2</sub> utsläpp för omlastning (ton)	90			
Total CO <sub>2</sub> utsläpp (ton)	2 042			
<b>Järnvägstransport: (Örebro - Årsta)</b>				
- kWh/ nettoton-km	0,05			
Energiåtgång för tågdragnin (kWh)	1 293 339			
Elmix:	Svensk	Nordisk	Europeisk	
- CO <sub>2</sub> / nettoton-km (g)	0,44	4,37	20,09	
- Medeldistans (km)	130	130	130	
CO <sub>2</sub> utsläpp (ton)	11	111	512	
<b>Energiåtgång (kWh) för omlastning:</b>				
- Medelstor kombiterminal med reachstacker (MK) (kWh)	490 000			
- Lättkombi (LK) (kWh)	254 800			
<b>CO<sub>2</sub> utsläpp för omlastning:</b>				
- Medelstor kombiterminal med reachstacker (MK) (ton)	179			
- Lättkombi (LK) (ton)	67			
Total energiåtgång (kWh) (MK)	1 783 339			
Total energiåtgång (kWh) (LK)	1 548 139			
Ändring av energiåtgång (kWh) jämfört med vägtransporter (MK)	-76,9%			
Ändring av energiåtgång (kWh) jämfört med vägtransporter (LK)	-79,9%			
Total CO <sub>2</sub> utsläpp (MK) (ton)	262	362	763	
Total CO <sub>2</sub> utsläpp (LK) (ton)	78	178	579	
Ändring av total CO <sub>2</sub> utsläpp jämfört med vägtransporter (MK)	-87,2%	-82,3%	-62,7%	
Ändring av total CO <sub>2</sub> utsläpp jämfört med vägtransporter (LK)	-96,2%	-91,3%	-71,7%	
Jämförelse: Sjöfart - Lastbil				
Nyttolast:	10 000	TEU	98 000	ton
<b>Vägtransport: (Västerås - Värtahamnen)</b>				
- kWh/ nettoton-km	0,27			
- CO <sub>2</sub> / nettoton-km (g)	69,7			
- Medeldistans (km)	112			
Energiåtgång för omlastning i Värtahamnen(kWh)	122 500			
Total energiåtgång (kWh)	3 049 391			
Total CO <sub>2</sub> utsläpp för omlastning (ton)	45			
Total CO <sub>2</sub> utsläpp (ton)	809			
<b>Sjöfart (Västerås - Värtahamnen)</b>				
<b>Energiåtgång (kWh) för sjöfart:</b>				
- kWh/ nettoton-km (servicefart)	0,13			
- kWh/ nettoton-km (låg fart)	0,07			
<b>CO<sub>2</sub> utsläpp för sjöfart:</b>				
- CO <sub>2</sub> / nettoton-km (servicefart) (g)	34,4			
- CO <sub>2</sub> / nettoton-km (låg fart) (g)	18,3			
- Medeldistans (km)	124			
Energiåtgång (kWh) för sjöfart (servicefart)	1 598 947			
Energiåtgång (kWh) för sjöfart (låg fart)	849 441			
CO <sub>2</sub> utsläpp (ton) (servicefart)	418			
CO <sub>2</sub> utsläpp (ton) (låg fart)	222			
<b>Energiåtgång (kWh) för omlastning:</b>				
- ombordskran (MK) (kWh)	245 000			
- gaffeltruck (LK) (kWh)	127 400			
<b>CO<sub>2</sub> utsläpp för omlastning:</b>				
- ombordskran (MK) (ton)	90			
- gaffeltruck (LK) (ton)	33			
Total energiåtgång (kWh) (MK/servicefart)	1 843 947			
Total energiåtgång (kWh) (LK/låg fart)	976 841			
Ändring av energiåtgång (kWh) jämfört med vägtransporter (MK/servicefart)	-39,5%			
Ändring av energiåtgång (kWh) jämfört med vägtransporter (LK/låg fart)	-68,0%			
Total CO <sub>2</sub> utsläpp (MK/servicefart) (ton)	507			
Total CO <sub>2</sub> utsläpp (LK/låg fart) (ton)	255			
Ändring av total CO <sub>2</sub> utsläpp jämfört med vägtransporter (MK/servicefart)	-37,3%			
Ändring av total CO <sub>2</sub> utsläpp jämfört med vägtransporter (LK/låg fart)	-68,5%			
Kombinerat upplägg: Järnväg/Sjöfart - Lastbil				
Järnväg: (Örebro - Årsta) energiåtgång (kWh) (LK)	1 548 139			
Sjöfart: (Västerås - Värtahamnen) energiåtgång (kWh) (LK/låg fart)	976 841			
Summa:	2 524 979			
Vägtransport: (Örebro - Årsta) energiåtgång (kWh)	7 719 025			
Vägtransport: (Västerås - Värtahamnen) energiåtgång (kWh)	3 049 391			
Summa:	10 768 416			
Ändring av total energiåtgång (kWh) jämfört med vägtransporter	-76,6%			
Järnväg: (Örebro - Årsta) CO <sub>2</sub> utsläpp (LK/Nordisk elmix) (ton)	178			
Sjöfart: (Västerås - Värtahamnen) CO <sub>2</sub> (LK/låg fart) (ton)	255			
Summa:	433			
Vägtransport: (Örebro - Årsta) CO <sub>2</sub> utsläpp (ton)	2 042			
Vägtransport: (Västerås - Värtahamnen) CO <sub>2</sub> (ton)	809			
Summa:	2 851			
Ändring av total CO <sub>2</sub> utsläpp jämfört med vägtransporter	-84,8%			



# Bilaga 5

## Beräkningar av energiförbrukning samt CO<sub>2</sub>-utsläpp i ett scenario som avser ett kombinerat upplägg mellan Norvik och Mälardalen

Jämförelse: Järnväg - Lastbil				
Nyttolast:	20 000	TEU	196 000	ton
<b>Vägtransport: (Örebro - Årsta - Norvik)</b>				
- kWh / nettoton-km	0,27			
- CO <sub>2</sub> / nettoton-km (g)	69,7			
- Medeldistans (km)	173			
Energiåtgång för omlastning i Årsta (kWh)	245 000			
Total energiåtgång (kWh)	9 260 870			
Total CO <sub>2</sub> utsläpp för omlastning (ton)	90			
Total CO <sub>2</sub> utsläpp (ton)	2 445			
<b>Järnvägstransport: (Örebro - Årsta - Norvik)</b>				
- kWh / nettoton-km	0,05			
Energiåtgång för tågdragning (kWh)	1 566 930			
Elmix:	Svensk	Nordisk	Europeisk	
- CO <sub>2</sub> / nettoton-km (g)	0,44	4,37	20,09	
- Medeldistans (km)	158	158	158	
CO <sub>2</sub> utsläpp (ton)	13	135	620	
Energiåtgång (kWh) för omlastning:				
- Medelstor kombiterminal med reachstacker (MK) (kWh)	490 000			
- Lättkombi (LK) (kWh)	254 800			
CO <sub>2</sub> utsläpp för omlastning:				
- Medelstor kombiterminal med reachstacker (MK) (ton)	179			
- Lättkombi (LK) (ton)	67			
Total energiåtgång (kWh) (MK)	2 056 930			
Total energiåtgång (kWh) (LK)	1 821 730			
Ändring av energiåtgång (kWh) jämfört med vägtransporter (MK)	-77,8%			
Ändring av energiåtgång (kWh) jämfört med vägtransporter (LK)	-80,3%			
Total CO <sub>2</sub> utsläpp (MK) (ton)	264	385	871	
Total CO <sub>2</sub> utsläpp (LK) (ton)	80	201	687	
Ändring av total CO <sub>2</sub> utsläpp jämfört med vägtransporter (MK)	-89,2%	-84,2%	-64,4%	
Ändring av total CO <sub>2</sub> utsläpp jämfört med vägtransporter (LK)	-96,1%	-90,1%	-66,4%	
Jämförelse: Sjöfart - Lastbil				
Nyttolast:	20 000	TEU	196 000	ton
<b>Vägtransport: (Köping - Västerås - Bålsta - Värtahamnen - Norvik)</b>				
- kWh / nettoton-km	0,27			
- CO <sub>2</sub> / nettoton-km (g)	69,7			
- Medeldistans (km)	108			
Energiåtgång för omlastning i Värtahamnen(kWh)	245 000			
Total energiåtgång (kWh)	5 863 585			
Total CO <sub>2</sub> utsläpp för omlastning (ton)	90			
Total CO <sub>2</sub> utsläpp (ton)	1 557			
<b>Sjöfart (Köping - Västerås - Bålsta - Värtahamnen - Norvik)</b>				
Energiåtgång (kWh) för sjöfart:				
- kWh / nettoton-km (servicefart)	0,13			
- kWh / nettoton-km (låg fart)	0,07			
CO <sub>2</sub> utsläpp för sjöfart:				
- CO <sub>2</sub> / nettoton-km (servicefart) (g)	34,4			
- CO <sub>2</sub> / nettoton-km (låg fart) (g)	18,3			
- Medeldistans (km)	171			
Energiåtgång (kWh) för sjöfart (servicefart)	4 410 000			
Energiåtgång (kWh) för sjöfart (låg fart)	2 342 813			
CO <sub>2</sub> utsläpp (ton) (servicefart)	1 152			
CO <sub>2</sub> utsläpp (ton) (låg fart)	612			
Energiåtgång (kWh) för omlastning:				
- ombordskran (MK) (kWh)	490 000			
- gaffeltruck (LK) (kWh)	254 800			
CO <sub>2</sub> utsläpp för omlastning:				
- ombordskran (MK) (ton)	179			
- gaffeltruck (LK) (ton)	67			
Total energiåtgång (kWh) (MK/servicefart)	4 900 000			
Total energiåtgång (kWh) (LK/låg fart)	2 597 613			
Ändring av energiåtgång (kWh) jämfört med vägtransporter (MK/servicefart)	-16,4%			
Ändring av energiåtgång (kWh) jämfört med vägtransporter (LK/låg fart)	-55,7%			
Total CO <sub>2</sub> utsläpp (MK/servicefart) (ton)	1 331			
Total CO <sub>2</sub> utsläpp (LK/låg fart) (ton)	679			
Ändring av total CO <sub>2</sub> utsläpp jämfört med vägtransporter (MK/servicefart)	-14,5%			
Ändring av total CO <sub>2</sub> utsläpp jämfört med vägtransporter (LK/låg fart)	-56,4%			
Kombinerat transportupplägg Järnväg/Sjöfart - Lastbil				
Järnväg: (Örebro - Årsta - Norvik) energiåtgång (kWh) (LK)	1 821 730			
Sjöfart: (Köping - Värtahamnen - Norvik) energiåtgång (kWh) (LK/låg fart)	2 597 613			
Summa:	4 419 342			
Vägtransport: (Örebro - Årsta - Norvik) energiåtgång (kWh)	9 260 870			
Vägtransport: (Köping - Värtahamnen - Norvik) energiåtgång (kWh)	5 863 585			
Summa:	15 124 455			
Ändring av total energiåtgång (kWh) jämfört med vägtransporter	-70,8%			
CO <sub>2</sub> utsläpp (ton)				
Järnväg: (Örebro - Årsta - Norvik) CO <sub>2</sub> utsläpp (LK/Nordisk elmix) (ton)	201			
Sjöfart: (Köping - Värtahamnen - Norvik) CO <sub>2</sub> (LK/låg fart) (ton)	679			
Summa:	880			
Vägtransport: (Örebro - Årsta - Norvik) CO <sub>2</sub> utsläpp (ton)	2 445			
Vägtransport: (Köping - Värtahamnen - Norvik) CO <sub>2</sub> (ton)	1 557			
Summa:	4 002			
Ändring av total CO <sub>2</sub> utsläpp jämfört med vägtransporter	-78,0%			



## Figurförteckning

Figur 1.	Vägfordonskonfigurationer förekommande i intermodala transportkedjor i Sverige (Bäckström et al, 2009 – kompletterad).....	7
Figur 2.	Målbild av infrastrukturen för godstransporter i Stockholmsregionen år 2030 (SLL, 2010) .....	11
Figur 3.	Totala antalet godstransporter 2013 för respektive transportslag i Östra Mellansverige (ÖMS), exklusive luftfart (Mälardalsrådet, 2013).....	12
Figur 4.	Totala antalet transporter i Östra Mellansverige (ÖMS) och import, export, transit och inom-länstransporter med avseende på respektive län i ÖMS (transporter visas i tusentals ton/år) (Mälardalsrådet, 2013)..	13
Figur 5.	Nationellt utpekade godsstråk i Östra Mellansverige (Trafikverket, 2012).....	14
Figur 6.	Godskorridorer i Mälardalen. (Kordnejad, 2016).....	14
Figur 7.	Godsstråket genom Bergslagen via Hallsberg (Trafikverket, 2016).....	15
Figur 8.	Banan Sala – Oxelösund (Trafikverket, 2016).....	15
Figur 9.	Dalabanan (Trafikverket, 2016) .....	16
Figur 10.	Mälärbanan (Trafikverket, 2016).....	16
Figur 11.	Västra stambanan (i = innerspår, y = ytterspår) (Trafikverket, 2016).....	17
Figur 12.	Svealandsbanan (Trafikverket, 2016).....	17
Figur 13.	Södra stambanan (Trafikverket, 2016) .....	17
Figur 14.	Ostkustbanan (i: innerspår, y: ytterspår) (Trafikverket, 2016).....	18
Figur 15.	Nynäsbanan (Trafikverket, 2016).....	19
Figur 16.	Lokalisering av terminaler och antal tunga lastbilar (över 3,5 tons totalvikt) i genomsnitt per dag i Stockholm (Pettersson et al, 2012).....	19
Figur 17.	De största varugrupperna som transporterades inom Stockholms län (Trafikanalys, 2012) .....	20
Figur 18.	Marknadsandelar för de största aktörerna inom svensk dagligvaruhandel 2015 och förändring från föregående år (DLF och HUI Research, 2016) .....	21
Figur 19.	Terminalsstruktur i Mälardalen för aktörerna inom den svenska dagligvaruhandeln.....	21
Figur 20.	Platser med störst efterfrågan från Stockholms frihamn (> 500 TEU/år) .....	25
Figur 21.	Import- och exportflöden från och till Stockholms frihamn.....	26
Figur 22.	Import- och exportflöden från och till Norvik.....	26
Figur 23.	Flödesfördelning för Stockholms frihamn i scenariot för intermodala transporter med existerande konventionella kombiterminaler i regionen (Vasilevskaya, 2016) .....	27

Figur 24.	Jämförelse av serviceområden för intermodala transporter för Stockholms frihamn baserat på existerande konventionella kombiterminaler i regionen, med samt utan en kombiterminal i Västerås .....	28
Figur 25.	Uppskattade serviceområden för intermodala transporter för Stockholms frihamn baserat på mindre kombiterminaler.....	28
Figur 26.	Flödesfördelning för Stockholms frihamn i scenariot för intermodala transporter med små kombiterminaler (CESS-terminaler) .....	29
Figur 27.	Flödesfördelning för Norvik i scenariot för intermodala transporter med konventionella kombiterminaler .....	29
Figur 28.	Flödesfördelning för Norvik i scenariot för intermodala transporter med små kombiterminaler (CESS terminaler).....	30
Figur 29.	Terminalomsättning för olika scenarion (antal lastbärare) (Vasilevskaya, 2016) .....	30
Figur 30.	Kostnadsjämförelse för Stockholms frihamn (Frihamnen) respektive Norvikscenariot .....	32
Figur 31.	Jämförelse av CO <sub>2</sub> -utsläpp för Stockholms frihamn (Frihamnen) respektive Norvikscenariot .....	32
Figur 32.	Utveckling 1975-2014 gällande återvinning av avfall i Sverige (Avfall Sverige, 2015) .....	33
Figur 33.	Lokalisering av avfallshanteringsanläggningar inom Storstockholm (Stockholms Stad, 2013).....	34
Figur 34.	Lokalisering av återvinningscentraler (rött) och förbränningsanläggningar (grönt) inom Mälardalen (Kordnejad, 2016) .....	35
Figur 35.	En pråm med 2 200 tons kapacitet utnyttjades för bortforsel av byggavfall i Croix Rousse tunneln i centrala Lyon (Free.fr, 2008).....	37
Figur 36.	Rutter för hanteringen av Londons kommunala avfall (Greater London Authority, 2011) .....	38
Figur 37.	Omlastning av containrar med avfall (Transport for London, 2008) .....	38
Figur 38.	Järnvägstransporter av avfall mellan Los Angeles och ett deponiområde i Imperial County (WasteByRail, 2016) .....	39
Figur 39.	Fartyg i hamnen i Köping med Lantmännens spannmålssilo i bakgrunden (Mälardalen, 2016) .....	44
Figur 40.	Hamnar i Mälaregionen (gul markering symboliserar hamn under byggnad) .....	44
Figur 41.	Värtahamnen efter ombyggnad (Stockholms hamnar, 2016) .....	45
Figur 42.	Den planerade hamnen i Norvik utanför Nynäshamn (Stockholms hamnar, 2016) .....	46
Figur 43.	Emma Maersk (Maersk, 2016).....	47
Figur 44.	1 036 TEU Containerfartyg – Anna Sibum (Arkon, 2016).....	48
Figur 45.	Mindre containerfartyg med en bredd på 7 m (Mercurius, 2016).....	50
Figur 46.	Spårssystem i Mälardalen (Fröidh, 1999) .....	53



Figur 47.	Kapacitetsbegränsningar hösten 2015 (Grimm, 2016).....	53
Figur 48.	Den befintliga regionala terminalstrukturen.....	55
Figur 49.	Ramverk för beskrivning av intermodala terminaler.....	55
Figur 50.	Befintliga (grön) och planerade (gul) kombiterminaler i regionen .....	56
Figur 51.	Lasthantering för containerinlandsvattenfartyg med truck med topplyftok (Ports de Paris, 2016).....	59
Figur 52.	Containerfartyg (Mercurius, 2016).....	62
Figur 53.	Topplyftning med portalkran vid Årsta kombiterminal (Jernhusen) .....	63
Figur 54.	Griparmslyftning med en truck av typen reach-stacker (Coop) .....	63
Figur 55.	Kockums Megaswing-vagn med möjlighet till överföring av påhängsvagnar (Kockums Industrier).....	65
Figur 56.	Lättkombisystemet implementerat i pilotprojektet Dalkullan (Axfood) .....	65
Figur 57.	Omlastning av containrar med gaffeltruck vid Tokyo Freight Terminal, Shinagawa, Tokyo (Kordnejad, 2015) .....	66
Figur 58.	Utformning av terminal samt informationssystem för JR Freight's intermodala transportsystem E & S (JR Freight).....	67
Figur 59.	Innovatrains omlastningssystem ContainerMover vid Oensingen, Schweiz (Kordnejad, 2014) .....	68
Figur 60.	Lämpliga terminallägen för små kombiterminaler.....	69
Figur 61.	Den regionala terminalstrukturen inklusive lägen för små kombiterminaler.....	70
Figur 62.	Exempelfartyg (Bild: Mercurius) .....	71
Figur 63.	Föreslagen rutt för inlandsvattenfartyg från den nya containerhamnen i Norvik till centrala Stockholm och nordöstra Stockholmsområdet.....	74
Figur 64.	Föreslagen hamnpendel från den nya containerhamnen i Norvik .....	74
Figur 65.	Principiellt upplägg för järnvägstransporter mellan Västerås och Stockholm.....	81
Figur 66.	Vägbeskrivning för sträckan Örebro – Stockholm Årsta (Eniro).....	83



## Tabellista

Tabell 1.	Miljö- och energiberäkningar för ett referenståg för containrar .....	6
Tabell 2.	Miljö- och energiberäkningar för ett referenståg för trailers.....	6
Tabell 3.	Miljö- och energiberäkningar för lastbilstransporter samt utvärderade vägfordonskonfigurationer .....	7
Tabell 4.	Sammanställning av miljö- och energiberäkningar för olika vägfordonskonfigurationer .....	8
Tabell 5.	Energiåtgång för utvärderade transportslag samt omlastningsteknik.....	8
Tabell 6.	CO <sub>2</sub> -utsläpp för sjöfart (kust eller inre vattenvägar) baserad på NTMCalc .....	8
Tabell 7.	CO <sub>2</sub> -utsläpp per nettotonkm för respektive transportslag i Europa, 2005- 2011 (TERM, 2012) .....	8
Tabell 8.	Kostnad och CO <sub>2</sub> -beräkningar för utvärderade omlastningssystem.....	9
Tabell 9.	Växthusgasutsläpp för intermodal omlastning mellan tåg och lastbil (Bäckström et al, 2009).....	9
Tabell 10.	Inrikes godstransporter med svenska lastbilar 2014 samt lastade och lossade godsmängder i Stockholms län (Trafikanalys, 2015) .....	20
Tabell 11.	Inflöden av varukategorier för Coop, Axfood och Ica (Jensen et al, 2011).....	22
Tabell 12.	De 30 största inkommande dagligvaruflödena i Sverige till terminaler och distributionsanläggningar tillhörande Coop, Axfood och Ica (Jensen et al, 2011) .....	23
Tabell 13.	Dagligvaruflöden mellan terminaler och distributionsanläggningar tillhörande Coop, Axfood och Ica (Jensen et al, 2011) .....	24
Tabell 14.	De största dagligvaruflödena inom och mellan kommuner under studiens mätvecka (v. 37, 2013) (Pettersson et al, 2015) .....	25
Tabell 15.	Jämförelse av resultat för scenariot utan trafikslagsskifte.....	27
Tabell 16.	Simuleringsresultat för intermodala scenarion .....	31
Tabell 17.	Totala kostnader och CO <sub>2</sub> -utsläpp för scenariot med Stockholms frihamn.....	31
Tabell 18.	Totala kostnader och CO <sub>2</sub> -utsläpp för Norvik-scenariot .....	32
Tabell 19.	Avfallsflöden i Kawasaki City (Nemoto et al, 2006) .....	36
Tabell 20.	Trafikslagsfördelning för hanteringen av avfall i New York stad (Richardson, 2015) .....	39
Tabell 21.	Hanterade godsmängder (volymer) i oljedepåer (Axiö, 2016) .....	42
Tabell 22.	Hanterade godsmängder vid cementdepåer i Mälaren .....	43
Tabell 23.	Antal tåg på banor och linjedelar i Mälardalen hösten 2015 (Grimm, 2016) .....	54
Tabell 24.	De 10 största kombiterminaler i Sverige mätt i hanterad volym 2013 (Transportnytt, 2014).....	56

Tabell 25. Lämpliga terminallägen för små kombiterminaler .....	70
Tabell 26. Sammansättning av referenståg för trailers respektive containrar.....	72
Tabell 27. Tidsåtgång för lastbilstransporter till och från Norvik .....	75
Tabell 28. Föreslagen tidtabell för hamnpendeln mellan Norvik containerhamn – Rosersberg kombiterminal.....	76
Tabell 29. Sammanställning av tid för att avverka en slinga med olika hastigheter.....	77
Tabell 30. Sammanställning av transporterade godsmängder vid olika hastigheter.....	78
Tabell 31. Föreslag till tidtabell för skytteltrafik på järnväg Västerås – Stockholm .....	80
Tabell 32. Beräkningstabell – utredningsalternativet .....	81
Tabell 33. Sammanställning av transporterade godsmängder vid olika hastigheter.....	81
Tabell 34. Jämförelsealternativ för lastbilstransporter.....	84
Tabell 35. Föreslagen tidtabell för skytteltrafik på järnväg mellan Örebro och Årsta.....	84
Tabell 36. Tidsåtgång för lastbilstransporter till och från Norvik .....	86
Tabell 37. Sammanställning av tidsåtgång för att trafikera rutten Norvik – Köping .....	87
Tabell 38. Sammanställning av transporterade godsmängder vid olika hastigheter.....	88
Tabell 39. Sammanställning av tidsåtgång för att trafikera en slinga som består av rutten Norvik – Västerås i båda riktningarna.....	88
Tabell 40. Föreslagen tidtabell för skytteltrafik med järnväg mellan Örebro och Norvik.....	89
Tabell 41. Kostnader för drift av Rhine-Herne vessel (Class IV) (Wegmans at al, 2015) respektive Crane Barge Mercurius Amsterdam (van Dorsser, 2016).....	91
Tabell 42. Kostnadsjämförelse för olika transportupplägg vid transport av en TEU mellan Norvik och Västerås.....	92
Tabell 43. Exempel på bulkgoods som transporterades på Mälaren 2015 .....	97





**TFK – TransportForsk**

**Warfvinges väg 29**

**112 51 Stockholm**

**Tel: 08-652 41 30**

**E-post: [info@tfk.se](mailto:info@tfk.se)**

**Internet: [www.tfk.se](http://www.tfk.se)**