



CHALMERS



Transport av överskottsmassor för återställning

Fokus på järnvägstransport

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet i byggnadsteknik

GUSTAF MAGNUSSON

JAKOB MELBY

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för Construction Management

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Examensarbete BOMX03-16-6

Transport av överskottsmassor för återställning

Fokus på järnvägstransport

Examensarbete i högskoleingenjörsprogrammet

i byggnadsteknik

GUSTAF MAGNUSSON

JAKOB MELBY

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för Construction Management
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2016

Transport av överskottsmassor för återställning
Fokus på järnvägstransport

*Examensarbete i högskoleingenjörsprogrammet
i byggnadsteknik*

GUSTAF MAGNUSSON

JAKOB MELBY

© GUSTAF MAGNUSSON, JAKOB MELBY, 2016

Examensarbete BOMX03-16-6 / Institutionen för bygg- och miljöteknik,
Chalmers tekniska högskola 2016

Institutionen för bygg och miljöteknik
Avdelningen för Construction Management
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Telefon: 031-772 10 00

Omslag: Bild på omlastning av containrar vid intermodal transport. Bilden är
beskuren upptill (Wilson 2003, CC BY).

Chalmers Reproservice/Institutionen för bygg- och miljöteknik
Göteborg 2016

Transport av överskottsmassor för återställning

Fokus på järnvägstransport

Examensarbete i högskoleingenjörsprogrammet

i byggnadsteknik

GUSTAF MAGNUSSON

JAKOB MELBY

Institutionen för bygg- och miljöteknik

Avdelningen för Construction Management

Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

I Göteborg sker stora utbyggnader av staden inom en snar framtid.

Infrastrukturprojekt och husbyggnadsprojekt kommer att generera stora volymer schaktmassor som måste tas hand om, antingen som återfyllnad vid projekten eller deponeras på annan plats. Detta arbete har utrett möjligheten att transportera schaktmassor inom Sverige med hjälp av tåg för att använda massorna som återställningsmaterial till fullbetjänta täkter. Vid utredningen har transportens olika delar undersökts för att kunna särskilja en arbetsmetod som är den mest effektiva både ekonomiskt och miljömässigt. Således har transportkedjan resulterat till att transportera schaktmassorna ifrån schaktplats till omlastningsterminal med hjälp av lastbil. Tågtransport ifrån omlastningsterminal till täkt sker med hela tågset i omlopp dedikerade för endast transport av schaktmassor.

Vid utförandet av denna undersökning har följande metoder använts: litteraturstudie, intervjuer med kunniga personer inom området, beräkningsverktyg för miljöpåverkan och analysering av kostnadskalkyler från tågoperatör.

De ekonomiska och miljömässiga undersökningar och beräkningar som har utförts gällande transportkedjan visar på att transportkedjan är gångbar. I Göteborg är det idag mindre kostsamt att deponera massor under föroreningsgrad KM samt blöta massor, om det finns deponier som kan ta emot massorna. Däremot är det möjligt att det i framtiden kommer vara mindre kostsamt att använda dessa massor som återställningsmaterial vid täkter med hjälp av en tågtransport. Om returlast nyttjas finns det möjlighet till stora ekonomiska fördelar med att transportera blöta massor och rena torra massor.

Nyckelord: schaktmassor, godstågstransport, deponering, intermodal transport

Transportation of excess soil for refilling

Focus on rail transportation

Diploma Thesis in the Engineering Program

Building and Civil Engineering

GUSTAF MAGNUSSON

JAKOB MELBY

Department of Civil and Environmental Engineering

Division of Construction Management

Chalmers University of Technology

ABSTRACT

In the near future there will be a great development in the city of Gothenburg. Infrastructure and building construction projects will generate large volumes of excavated materials, these must be taken care of, either as refill material in the projects or deposited in another location. This study has investigated the possibility of transporting excavated material within Sweden by train. The excavated materials can then be used as refill materials in closed quarries.

In the study different transport chains have been investigated to distinguish the most economical and environmentally beneficial solution. This investigation has resulted in a transportation method as follows: Truck transportation from work site to transshipment terminal, loading on train and train transportation to the quarries, using whole train sets. These trains will be dedicated for this transport only.

In carrying out this investigation, the following methods were used: literature review, interviews with knowledgeable people in the field, calculation tools for environmental impact and analysis of cost estimates from the train operator.

The economic and environmental study shows that the transportation is possible. Economical, in Gothenburg it is less costly to dispose uncontaminated dry excavated materials and wet materials than transport the material to quarries by IRRT. However, contaminated materials in class KM to MKM can be less costly to transport with IRRT to quarries. Moreover, it is possible that in the future it will be less costly to use uncontaminated and wet materials as refill in quarries using IRRT. If the train can be used to transport materials back to Gothenburg, there is a possibility of great economical benefits.

Key words: excavated material, freight train, intermodal transport, IRRT, earth works

Innehåll

SAMMANFATTNING	I
<i>DIPLOMA THESIS IN THE ENGINEERING PROGRAM</i>	II
ABSTRACT	II
INNEHÅLL	III
FÖRORD	VII
BETECKNINGAR	IX
1 INLEDNING	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	2
1.3 Avgränsning	2
1.4 Metod	2
1.4.1 Användning av miljöverktyg	3
2 TEORI	4
2.1 Hållbart transportsätt	4
2.2 Föroreningar från transporter	5
2.3 Effektivitet intermodal transport	6
2.4 Miljöpåverkan vid deponering på land	6
2.5 Miljöpåverkan vid deponering i havet	7
3 FÖRUTSÄTTNINGAR	8
3.1 Jordmassor	8
3.2 Lastbärare	9
3.2.1 Lastväxlarflak/ Rullflak	10
3.2.2 Sima/ISO-container	10
3.2.3 Liftdumpercontainer	11
3.3 Arbetsplatser	11
3.3.1 Marieholmsförbindelsen	11
3.3.2 Västlänken	11
3.3.3 Lundbyleden	12
3.3.4 Hamnbanan	12
3.4 Lastplatser	12
3.4.1 Sävenäs	12
3.4.2 Skandiahammen	13
3.4.3 Centralstationen/ Gullbergsvass	13
3.4.4 Vikans kross	14
3.5 Järnväg	14
3.5.1 Vagnar	15

3.6	Mottagningsplatser	15
3.7	Möjliga risker	16
3.7.1	Miljörisker	16
3.7.2	Ekonomiska risker	16
3.7.3	Efterbehandling täkt	16
3.7.4	Kapacitet järnväg	16
3.7.5	Tekniska problem	17
3.8	Ekonomi	18
3.8.1	Prissättning lastbil	18
3.8.2	Prissättning lastbärare	18
3.8.3	Prissättning järnväg	18
4	FALLSTUDIE IRRT	21
4.1	Transportkedja	21
4.1.1	Vagn	22
4.1.2	Järnväg	23
4.2	Miljöpåverkan	24
4.3	Ekonomi	27
5	DISKUSSION	30
5.1	Lastbärare och transport till lastplats	30
5.2	Lastplatser	31
5.3	Järnväg	31
5.4	Avlastning mottagningsplats	32
5.5	Risker	32
5.6	Miljö	32
5.7	Hinder för kostnadskalkyler från tågoperatörer	33
5.8	Kostnader	34
6	SLUTSATS	38
7	FORTSATTA STUDIER	40
8	REFERENSER	41

BILAGOR

FIGUR 1 LASTVÄXLARFLAK/RULLFLAK 20M ³	10
FIGUR 2 ISO-CONTAINER 20 FOT	10
FIGUR 3 LIFTDUMPERCONTAINER	11
FIGUR 4 LASTPLATS SÄVENÄS (GOOGLE MAPS 2016A).	13
FIGUR 5 SKANDIAHAMNEN (GOOGLE MAPS 2016B).	13
FIGUR 6 LASTPLATS GULLBERGSVASS (GOOGLE MAPS 2016C).	14
FIGUR 7 VIKANS KROSS (GOOGLE MAPS 2016D).	14
FIGUR 8 KAPACITETBEGRÄSNING (TRAFIKVERKET 2016).	17
FIGUR 9 TÅGLÄGESAVGIFT 2016 (TRAFIKVERKET 2014C).	20
FIGUR 10 TRANSPORTKEDJA FALLSTUDIE ÅSTORP	22
FIGUR 11: VAGN SGNSS MED 3 STYCKEN 20 FOT ISO-CONTAINERAR	23
FIGUR 12 JÄRNVÄG GÖTEBORG TILL ÅSTORP (GOOGLE MAPS 2016E)	23
FIGUR 13 MILJÖPÅVERKAN ENERGI	24
FIGUR 14 MILJÖPÅVERKAN CO ₂	25
FIGUR 15 MILJÖPÅVERKAN NO _x	25
FIGUR 16 MILJÖPÅVERKAN SO ₂	26
FIGUR 17 KOSTNADSFÖRDELNING TÅGOPERATÖR	28
FIGUR 18 DIAGRAM 5 TÅGOMLOPP	28
FIGUR 19 DIAGRAM 1 ÅR	29
FIGUR 20 DIAGRAM KOSTNADSFÖRDELNING DEPONERING ÅSTORP	35

Förord

Detta examensarbete skrevs våren 2016 och omfattade 15 högskolepoäng. Arbetet skrevs som en del av byggingenjörsprogrammet på institutionen för Bygg- och Miljöteknik, Chalmers tekniska högskola. Arbetet utfördes i samarbete med Skanska Infrastruktur Väst.

Vi vill tacka Skanska, för möjligheten att skriva detta examensarbete hos dem. Särskilt vill vi tacka våran handledare på Skanska Infrastruktur Väst, Henrik Nilsson, för stöd och vägledning genom hela detta arbete.

Vi vill även tacka vår handledare och examinator, tekniklektor Bert Luvö, på avdelningen för Construction management på Chalmers, för den tid och det engagemang han lagt ner för att vägleda oss i detta arbete.

Göteborg juni 2016
Gustaf Magnusson
Jakob Melby

Beteckningar

Break even: Den punkten då två metoder är lika effektiva.

Blöta massor: Massor som är flytbenägna. Så som blålera, smäcklera.

GK: Gröna korridorer, kalkylverktyg för miljöberäkningar framtaget av Trafikverket.

Intermodal transport: Innebär att det används mer än ett typ av fordon för att transportera lasten, till exempel tåg och lastbil.

IRRT: Intermodal Road Rail Transportation. Innebär en intermodal transport i samspel mellan lastbilar och järnväg.

< KM: Under känsligmark. Betyder att marken innehåller en mycket liten till ingen del föroreningar.

KM-MKM: Känslig mark till mycket känslig mark. Mark som är delvis förorenad.

MKM-FA: Mycket känslig mark till Farligt avfall. Mark som är förorenad.

FA: Farligt avfall. Mark som är mycket förorenad.

Rangering: Uppdelning och sortering av tågvagnar med hjälp av ett lok.

Tågset: Ett fordon i form av tåg bestående av lok och vagnar.

Tågomlopp: En rundtur/ cykel för en transportsträcka när tåg används. Från startpunkt till avlastningsplats till startpunkt igen

1 Inledning

Vid byggnationer uppkommer schaktmassor som bör tas hand om på olika sätt. En del av massorna går att återanvända som fyllnadsmaterial vid byggnationer, främst de torra schaktmassorna. Massor som inte går att återanvända måste transporteras till upplag, deponier eller annan plats som kan ta hand om massorna. Detta examensarbete behandlar en alternativ lösning till den normala proceduren att transportera bort schaktmassor. Vanligtvis läggs massorna på lastbil och transporteras till närmsta deponi, sedan kör lastbilen tillbaka för att hämta mer massor. När dessa upplagsplatser är fullbetjänta eller inte kan ta emot tillräckligt med volym står branschen inför stora problem. Ett sådant problem står Göteborg inför idag när de stora byggprojekten kring Västsvenska paketet tar fart (Gunnarson 2015). Dessa projekt kommer generera så stora volymer att närbelägna deponier i Göteborg inte kan ta hand om massorna. Därav undersöker examensarbetet om dessa massor går att transportera med tåg, till täkter som är i behov av återfyllnad.

1.1 Bakgrund

Göteborg stad står inför stora förändringar när stora byggprojekt som Västsvenska paketet påbörjas. Det kommer att ske omfattande byggnationer gällande järnväg, vägtrafik, husbyggnation med mera. När dessa konstruktioner produceras kommer stora mängder schaktmassor genereras. Detta eftersom att de nya konstruktionerna kommer att placeras på platser som medför schaktning på grund av de geotekniska markförhållandena. Dessa schaktmassor behöver hanteras, förflyttas och deponeras på en lämplig plats utifrån gällande lagar och regler. De bör även hanteras på ett ekonomiskt och miljömässigt försvarbart sätt.

Vid tidigare schaktning i Göteborgsområdet har överskottsmassor bland annat fraktats med fartyg till havs och deponerats vid till exempel Vinga, ökat höjden på skidanläggningen i Ale med 10m eller körts till olika deponier. Eftersom dessa och liknande platser endast kan ta emot begränsade volymer därför behöver det undersökas nya sätt att deponera eller använda massor. Många byggnadsföretag kan dra nytta av detta problem och hitta nya kostnadseffektiva lösningar som möjliggör för dem att ta marknadsandelar. Skanska vill undersöka en tänkbar lösning på problemet som kan medföra en möjlighet för företaget. Inför de kommande byggprojekten i Göteborgsområdet vill de undersöka möjligheterna att på ett kostnads- och miljöeffektivt sätt transportera överskottsmassor från schaktning till täkter. Dessa täkter skall inom en snar framtid återställas efter produktion och är därav i stort behov av jordmaterial i rätt kvalitet. Det finns dock många problem längs vägen som behöver undersökas, som sättet att schakta, transportera och fylla täkten på.

1.2 Syfte

Detta arbete skrivs i syfte att ta fram ett möjligt arbetssätt för hantering och transport av överskottsmassor från markbyggnadsprojekt i och runtomkring Göteborg, genom att transportera massorna ifrån Göteborg på järnväg till framtida återställningsarbeten. Arbetet görs genom att utföra en fallstudie för en möjlig återställning av en bergtäkt i Åstorp. Syftet är att analysera olika arbetsmetoder och ställa dessa ekonomiskt, miljömässigt och funktionellt emot varandra för att därigenom kunna utse den mest lämpade metoden. Det har även varit en avsikt att jämföra dessa metoder mot den normala arbetsgången vid deponering av schaktmassor.

1.3 Avgränsning

Arbetet utgår ifrån att jordmassor är uppgrävda och lastade i en lastbärare på någon arbetsplats i Göteborgsområdet. Transporten ifrån Göteborg har valts att avgränsas till endast transport på järnväg med hjälp av intermodal transport då detta tycks vara det mest lämpade sättet, eftersom järnvägsräls betjänar stora delar av Sverige. Lastbil eller fartyg till havs kan tyckas vara smidiga komplement till järnväg. Lastbil anses vara för miljökrävande eftersom en lastbil som färdas samma sträcka som ett tåg släpper ut betydande andel mer föroreningar än ett tåg (Bohlin et al. 2013). Däremot kommer ekonomiska och miljömässiga jämförelser göras emot lastbilstransporter. Fartyg tycks vara en komplicerad lösning eftersom täkter ofta inte ligger i nära anslutning till havet och det skulle medverka till ytterligare en transport ifrån hamn till täkt. Därmed anses tåg vara den lämpligaste avgränsningen att undersöka vidare.

Arbetet avgränsas även till att endast transportera lastbärare till tåkten. Det vill säga arbetet behandlar inte att undersöka momentet att lossa och placera ut schaktmassorna på lämpligaste sättet vid tåkten. Detta arbete förutsätts ingå i tippavgiften vid tåkten.

Arbetet förutsätter att det finns tillräckligt med uppställningsyta på arbetsplatser i Göteborg med omnejd för att hantera lastbärare på ett smidigt sätt.

1.4 Metod

En inledande litteraturstudie har genomförts där rapporter, vetenskapliga artiklar, avhandlingar, tidskrifter och böcker har studerats för att hitta grundläggande information. De avsnitt som framförallt har behandlats i litteraturstudien är avsnitt om miljö, där transportsätt har undersökts för att koppla dessa till bland annat Sveriges miljö kvalitetsmål och därigenom kunna dra vissa slutsatser. Litteraturstudien har även givit kunskap om olika transportsätt där mycket fokus har legat på intermodala transportsystem och hur det går att implementera detta i en transportkedja. Samarbete och kontakt med kunniga personer på avdelningarna: Infrastruktur Väst, Väg och Anläggning Väst samt Asfalt och Betong på Skanska har bidragit till mycket information om anläggningsarbeten, olika transportsätt, ekonomisk beräkningskunskap och andra specifika frågor kring ämnet. Kontakt har tagits med järnvägsoperatörer för information om arbetssätt och priser för godstransporter på järnväg, där Green Cargo bidragit med underlag för studier och prissättning.

Därefter har arbets- och transportmetoder analyserats för att finna det bästa upplägget att flytta och hantera överskottsmassor, utifrån funktion, miljö- och ekonomisk hänsyn.

Kapitel 3 Förutsättningar har bland annat grundat sig på information från tidningsartiklar, rapporter och produktbeskrivning. Denna information har sedan diskuterats med kunniga personer inom varje specifikt område för att dra slutsatser samt att få vidare vägledning för informationssökning.

En fallstudie i kapitel 4 har analyserats utifrån informationen sammanställd i kapitel 3 Förutsättningar. Analysen innefattar beräkningar av miljöpåverkan och ekonomi samt sammanställning av metod, lastbärare och tågagnar. Valet av transportkedja som har undersöks har skett efter vägning mellan metoder, samt rådgörande mellan handledare Henrik Nilsson och författarna. Valet baseras på vilken metod som verkar lämpligast, samt vilken information om arbetsplatser och lastplatser som kan ge mest realistiska och exakt indata. I kapitel 5 Diskussion motiveras och diskuteras de val som gjorts för transportkedjan.

För att utvärdera och jämföra kostnader samt ekonomiska kalkyler för olika transportkedjor har data införskaffats ifrån säljare inom transportindustrin. Prissättning på godstågtransporter har adderats med priser på lastbilstransport, hyra av lastbärare och möjliga tippavgifter för att kunna ta fram en totalkostnad på hela transportkedjan. Denna totalkostnad har jämförts med priser att transportera och deponera massor i Göteborg. Utifrån det har diagram tagits fram för att kunna urskilja ekonomiska fördelar eller nackdelar.

För att utvärdera och jämföra miljöpåverkan vid olika transportkedjor används verktyget ”kalkylverktyg – gröna korridorer”, detta verktyg benämns framöver endast som GK. Verktyget använder standardiserad indata och schablonvärden som underlag för beräkningar. Beräkningar bifogas som Bilaga B och C.

1.4.1 Användning av miljöverktyg

GK är ett excelbaserat verktyg framtaget av Trafikverket, med syfte att ge en bild av vad som händer när användaren förändrar komponenter i ett transportupplägg. Transportsträckor, lastvikter och fordonstyp anges, därefter räknar verktyget fram utsläppsmängder för flera ämnen som påverkar miljön. Verktyget använder schablonvärden för variabler som fyllnadsgrad, utsläpps mängd, topografi och trafiktyp (Trafikverket 2013B). Beräkningar i detta arbete jämför olika alternativ på transportkedjor. För miljöpåverkan vid transport med lastbil och järnväg matas följande in: Lastbilstransport (från arbetsplats till omlastningsterminal), omlastning, tågtransport (omlastningsterminal till mottagningsplats) och omlastning. Sista omlastningen i transportkedjan används som substitut för den avlastning som egentligen sker. Detta jämförs med en transportkedja bestående av: Lastbilstransport från arbetsplats till mottagningsplats.

2 Teori

Vid exploatering av markområden, som stora infrastrukturprojekt, uppstår ofta ett överskott av jord- och bergmaterial (Miljösamverkan Västra Götaland et al. 2010). Användningsområden för dessa massor kan vara återställning av täkter, bullervallar och täckning av gamla deponier (Länsstyrelsen Västra Götalands Län 2013). Möjligheterna att återanvända massor lokalt är ofta begränsade och de kan istället behöva deponeras på lämplig plats. När flera stora projekt utförs inom en relativt kort tid, kan det innebära att dessa massor transporteras längre sträckor för att återanvändas eller deponeras (Gunnarson 2015). Transport av jord- och bergmassor sker vanligtvis på lastbil. 2006 var drygt en fjärdedel av alla transporter i samhället kopplade till transport av jord- och bergmassor (Mácsik et al. 2011). Detta kapitel behandlar teorier, rapporter, arbeten och artiklar som handlar om ovannämnda ämne.

2.1 Hållbart transportsätt

Trafikverket uttrycker i sin rapport ”Trafikverkets godsstrategi 2011-2020”, hur en strategi har tagits fram för att skapa ett hållbart samhälle. Denna beskriver ett behov inom storstadsregionerna att anpassa och förändra logistiksystemen för att minska trängsel, öka tillgänglighet och därigenom skapa en attraktivare stadsmiljö. För att uppnå detta och samtidigt ha ett fungerande godstransportsystem behöver vägnätet avlastas. Ett sätt att göra detta är att öka transporter på järnväg och båt (Trafikverket 2011). Det finns även samband mellan ökad omsättning inom transportsektorn och ekonomisk tillväxt på nationell nivå. För att befolkningsökningen som idag påverkar storstäderna ska kunna fortsätta utan att påverka miljön eller den ekonomiska tillväxten behöver förändringar göras och alternativa transportmöjligheter undersökas (Behrends 2011).

Transporter på väg är det dominerande sättet att frakta gods på och står för 74 procent av den totala transporten. Idag sker cirka 15 procent av Europas transporter på järnväg medan motsvarande siffra är 46 procent i USA. Undersökningar konstaterar hur företag i Europa väljer transportsätt. Vanligaste motiveringen är kostnaden, flexibilitet och pålitlighet, medan miljöaspekten inte tycks påverka valet av transportsätt. En övilja finns att gå ifrån vägtransporter eftersom företag är oroliga att de måste förändra sin transportorganisation. Företag menar att det skulle påverka de interna kostnaderna. Många företag upplever även järnväg som ett stelt system, där möjligheter att göra ändringar i transporter är svårt samt risken för förseningar och störningar är stor (Heljedal 2013). Punktligheten för godstrafik på järnväg i Sverige ligger på cirka 75 procent, att jämföra med persontåg som har en punktlighet på 92 procent (Törnquist 2003). Undersökningar visar att det krävs att vägtransporter är cirka 20 procent dyrare än andra alternativ, för att företag skall överväga ett byte (Heljedal 2013). Det finns ändå ett ökat intresse från näringslivet att hitta alternativa transportlösningar, bland annat med järnväg. Ett hinder för detta är att transportköparna upplever svårigheter att få priser och kontakt med tågoperatörer (Bärthel 2008).

År 1999 fastställde Svenska regeringen, med hjälp av Naturvårdsverket, 15st klimatmål (2005 lades ett 16:e miljö kvalitetsmål till) för Sverige att sträva efter och visa inriktningen för framtida miljöpolitik (Naturvårdsverket 2015A). Bland dessa miljömål anses nio stycken vara relaterade till anläggningsarbete. Två av dem, giftfri

miljö och begränsad miljöpåverkan, är särskilt inriktade på transport och omhändertagande av jordmassor (Granbom 2014). Trots den stora andelen av alla transporter med jord- och bergmassor samt dessa miljömål säger undersökningen att miljö inte påverkar valet av transportmetod (Heljedal 2013).

Ett arbetssätt där transport på lastbil och järnväg kombineras kan vara en del av lösningen för att skapa en hållbar transportsektor. Intermodal transport innebär att det transporteras gods på minst två typer av transportmedel medan materialet behålls i samma lastbärare hela vägen. Intermodal Road Rail Transportation (IRRT), intermodal transport i ett samspel mellan lastbilar och järnväg, kan minska transporter på väg, öka tillgänglighet till städer och minska miljöpåverkan (Behrends 2012). Systemet använder lastbilar för kortare transporter till järnväg. Vid järnvägen lastas godset och transporteras längre sträckor, för att sedan antingen lastas av på slutdestination eller köras vidare med lastbil. Tanken är att det ska utnyttja lastbilens flexibilitet med tågets låga kostnad och miljöpåverkan (Behrends 2012). Avståndet påverkar kostnadsjämförelsen mellan IRRT och lastbilstransporter. Avstånd på 400 till 700 km sägas vara ett brytavstånd (Trafikanalys 2012), andra rapporter konstaterar att sträckan ligger på 300 till 500 km (Inrets 2000). Transporter på lastbil är mer ekonomisk vid kortare sträckor och järnväg- och båttransport vid längre sträckor. För att skapa förutsättningar för ett ökat nyttjande av IRRT behöver näringslivet indikationer från myndigheter att en satsning på IRRT kommer att genomföras. Lagar och avgifter indikerar en potential för ökat nyttjande av IRRT. Miljöeffekter, energiåtgång och trängsel kommer i framtiden medföra att kostnader för lastbilstransporter blir dyrare och IRRT kommer öka sin konkurrenskraft (Bärthel 2008).

2.2 Föroreningar från transporter

Inom EU står transportsektorn för 32 procent av energikonsumtionen vilket medför att transportsektorn är den näst största sektorn för utsläpp av växthusgaser. Andra sektorer har sedan 1990-talet minskat sina utsläpp, däremot har transportsektorn ökat sina med 30 procent. Livscykelanalyser, LCA, har visat att godstransporter står för tio procent av alla utsläpp av växthusgaser. Därav behöver extra fokus ligga på att reducera utsläppen av föroreningar från godstransportsektorn (Fries et al. 2014). Vid förbränning av fossila bränslen släpps bland annat växthusgaser (CO_2 ekvivalenter), kväveoxider (NO_x) och svaveloxider (SO_2) ut. Växthusgaser orsakar global uppvärmning, utsläpp av kväve- och svaveloxider leder till förorening och övergödning i Sveriges sjöar, hav och mark (Naturvårdsverket 2015B). Cirka 70 procent av alla transportkedjor kan göra stora miljöförbättringar genom att ändra transportmetod. För cirka 50 procent av alla transportkedjor går det att halvera den totala påverkan på miljön genom att ändra transportmetod. Det har visats sig att godstransporter där endast tåg används har minst inverkan på miljön. Det transportsätt som har näst minst inverkan på miljö är IRRT. Detta har jämförts mot flera olika kombinationer av transportsätt där väg och järnväg har ingått. Studien har undersökt varje transportslags inverkan på människors hälsa, ekosystemet och energiåtgång när den har kommit fram till slutsatsen ovan (Fries et al. 2014). Slutsatser att Intermodaltransport kan bidra till en hållbar transport, minskade utsläpp av växthusgaser, minskad trängsel och vägslitage, konstateras av EU. Vid transportlängder kortare än 400 till 500 km är miljöpåverkan ungefär samma mellan IRRT och lastbil där största delen av miljöpåverkan vid IRRT uppstår under

omlastning av gods. Detta baserar sig dock oftast på behov av omlastning för vidare distribution via lastbil (Bärthel 2008). I rapporten "The significance of the urban context for the sustainability performance of intermodal road-rail transport" (Behrends 2012) görs en jämförande studie av vägtransporter och IRRRT mellan Göteborg och Stockholm (Se bilaga A för diagram av miljöpåverkan). Att byta transportsätt från bara lastbil till IRRRT minskar utsläppen av växthusgaser med 85 procent och luftförorening med 51 procent men det ger en ökning av trafiken i tätorterna med 26 procent. Samma rapport anger att det inte går att säga vilka konsekvenser ett ökat nyttjande av IRRRT skulle få, då placering av verksamheten, omlastningsterminaler och trafiksituation påverkar möjliga för- och nackdelar med IRRRT. En etablering av en ny transportmetod kräver planering och analys för att få önskade effekter (Behrends 2012). Utsläppsgraden av föroreningar inom transportsektorn anses överensstämma med tidspressen av hur snabbt en vara behöver nå slutdestinationen. Om gods har ett kort tidsintervall att nå slutdestination kontra om det har ett större tidsintervall, inte så pressat, ses tydliga skillnader i utsläppsgrad. Detta eftersom det påverkar fyllnadsgraden i fordonet. De största problemen är så kallade expresstransporter där ett gods måste levereras snabbt till slutdestination med kort framförhållning. Typ av fordon har också en inverkan på effektiviteten och därmed miljön. Ett nytt fordon med utvecklade mekaniska delar kan både vara effektivare på grund av att fordonet inte går sönder och bränslesnålare på grund av utvecklad motor (Lindmark 2010).

2.3 Effektivitet intermodal transport

Effektiviteten vid intermodal transport beror på samordningen mellan de inblandade aktörerna. Det ekonomiska perspektivet är beroende av en organisation som samordnar alla aktörer, där vertikal integration av transportsättet ses som ett steg till en ekonomiskt effektivare transportkedja. Vertikal integration innebär att den aktör som behöver transportera gods äger en del av transportkedjan där godset kommer att transporteras, till exempel lastbilstransporten. Detta anses vara mer ekonomiskt effektivt eftersom förmedlingen av information mellan de olika transportsätten underlättas. Vid vertikalintegration av transportkedjan och då en förmedlare implementeras anses detta reducera kostnader för att hitta alternativa metoder, minska den moraliska risken och transaktionskostnader (Rong et al. 2008). Att hitta alternativa metoder innebär att ett företag ständigt strävar efter att hitta nya bättre sätt att till exempel transportera en vara. Den moraliska risken kan uppstå när två parter har tecknat ett avtal som utgår ifrån vissa faktorer. Om dessa faktorer ändras efter avtalet är tecknat eller att ena parten ändrar sitt beteende emot den andra kan detta innebära moralisk risk (Moralisk risk 2016).

2.4 Miljöpåverkan vid deponering på land

Deponering på land kan påverka miljön både positivt och negativt. Att fylla en gammal täkt eller deponi kan skapa en ny biotop för arter som tidigare inte trivts i ett område, likt Trafikverkets åtgärd att skapa ett vadarhav för fåglar på Hisingen med överskottsmassor från Marieholmsbron (Trafikverket 2013A). Risken vid åtgärder som innebär förflyttning av massor från en plats till en annan är spridning av förorenade massor. Vilken typ av föroreningar det kan handla om beror på vad som funnits på platsen tidigare. Det kan handla om tungmetaller, gifter från industrier, metaller och olika oljor från vägslitage samt avgasföroreningar. Dessa föroreningar

kan påverka och skada den tilltänkta miljön eller göra att platsen inte lämpar sig att vistas på för människor (Granbom 2014). I en situation där entreprenörer får svårare att hitta lämpliga platser att deponera överskottsmassor finns även risk att oseriösa företagare ger sig in på marknaden. Detta kan göra att massor deponeras utan tillräckliga undersökningar av upplagsplatser och vilka konsekvenser deponering på platsen ger upphov till (Gunnarson 2015). Överskott av ren lera kan även användas för att innesluta skadligt avfall, så kallad skyddstäckning, och göra att urlakning av skadliga ämnen sker i så långsam takt att de skadliga effekterna minskar (Trafikverket 2015A).

2.5 Miljöpåverkan vid deponering i havet

Ett sätt att göra sig av med överskottsmassor, främst från muddring, har historiskt sett varit att deponera massorna på avsedda platser till havs. För att få göra detta krävs tillstånd av Länsstyrelsen och Havs- och Vattenmyndigheten (Länsstyrelsen Västra Götaland 2016). I Göteborgsområdet har Vinga varit en vanlig plats för deponering av överskottsmassor. Det uppskattas finnas cirka 50 miljoner kubikmeter deponerade massor i området idag (Carmbrant 2016). När massor deponeras till havs kan befintlig vegetation och djurliv på platsen ta skada. Liv på platsen riskerar att begravas, områden där de tidigare sökt föda eller reproducerat sig förändras och vattnet grumlas. Hur stora skador som kan uppstå beror även på hur länge detta pågår (Havs och Vatten myndigheten 2014). Deponering bör undvikas och endast ske när det inte finns alternativ för landdeponering eller återvinning (Länsstyrelsen Västra Götaland 2016). År 2013 utfärdades ett tillstånd för Göteborgs hamn att deponera ytterligare fyra miljoner kubikmeter de kommande tio åren (TT 2013) och Trafikverket fick samma år tillstånd att deponera 500 000 kubikmeter i området runt Vinga (Carmbrant 2016).

3 Förutsättningar

Idag används nästan uteslutande lastbilar och dumpers vid transport av jordmassor, där lastning i allmänhet sker med hydraulisk grävmaskin. Därefter transporteras massorna vidare till uppläggningsplats, återanvändning eller deponering, beroende på typ av jordmaterial och eventuella föroreningar¹. För att frakta överskottsmassor på järnväg behöver alla delmoment i transportflödet analyseras och flera alternativ tas fram. Därefter kan metoder och delmoment väljas, förkastas eller utredas vidare. För att kunna analysera detta behandlas förutsättningarna för olika arbetsmetoder i detta kapitel.

3.1 Jordmassor

Under perioden 2017 till 2021 beräknas Trafikverkets byggnationer i Göteborg generera ett överskott av schaktmassor på cirka tio miljoner ton (Gunnarson 2015). Överskottsmassorna består både av berg- och jordmaterial, där berg står för en något större andel än jordmaterialet. (Trafikverket 2014A). Innan och under byggprojekt görs undersökningar av marken och eventuella föroreningar. Vid beräkningar av lerans vikt kommer tungheten 17 kN/m^3 användas. Detta ger en vikt på 1,7 ton per kubikmeter lera (Larsson 2008). För att följa Trafikverkets praxis förväntas ingen förändring av materialets volym ske mellan fast och löst material².

Vid schaktning av orörd mark i Göteborgsområdet består vanligtvis det översta lagret, 0 till 1 meters djup, av ett tunt lager matjord och under det en torrskorpa. Resterande lager under detta består till största delen av blålera (även kallad smäcklera eller flytbenägen lera), en typ av blöt massa. Torrskorpan är ofta användbar och återanvänds som fyllnadsmaterial på samma arbetsplats. Om det inte går att återanvända materialet på samma arbetsplats körs den till en annan arbetsplats för återanvändning eller deponi. Det resterande lagret blöta massor kan transporteras till deponi där de kan tippas. Dessa deponier kräver vanligtvis att leran har hållfasthet 1:1 vilket betyder att om leran läggs på marken bygger den på höjden lika mycket som den bygger på bredden. Om detta inte uppnås krävs att massorna efterbehandlas eller avvattnas innan deponering³. De massorna som deponeras delas in i olika kategorier efter föroreningsgrad enligt tabell 1. Farligt avfall innehåller mest föroreningar och <KM innehåller minst föroreningar, <KM betecknas även som rena massor.

Kategorierna baseras på de generella riktlinjer Naturvårdsverket tagit fram för förorenade områden. Istället för generella riktvärden kan platsspecifika värden tas fram för enskilda mottagningsplatser (Naturvårdsverket 2015C). Beroende på vilken föroreningsgrad materialet kategoriseras i kan det bli nödvändigt att transportera olika typer av massor till olika deponier. Det som reglerar om en deponi får ta emot en viss typ av massa är förutsättningarna på deponeringsplatsen och tillstånd ifrån

¹ Henrik Nilsson (Infrastruktur Väst, Skanska) intervjuad av författarna den 27 april 2016.

² Johan Bengtsson (Samordnare överskottsmassor, Trafikverket) Intervjuad av författarna den 1 april 2016

³ Bo Persson (Väg och Anläggning Väst, Skanska) intervjuad av författarna den 16 mars 2016.

myndigheter⁴. Ungefärliga kostnader i Göteborgsområdet för transport med lastbil och tippavgift framgår även av tabell 1.

Tabell 1 Kostnader transport och deponering av massor i Göteborg⁵

Lerans föroreningsgrad	Cirka kostnad transport + deponering av torra massor	Cirka kostnad transport + deponering av blöta massor
< KM (Känslig mark)	70-90 kr/ton	110-150 kr/ton
KM – MKM (Känslig mark - mindre känslig mark)	150-200 kr/ton	-
MKM – FA (mindre känslig mark - farligt avfall)	300-350 kr/ton	-
FA (Farligt avfall)	450-650 kr/ton	-

Priserna i tabell 1 gäller för området i Göteborg. Blöta massor anses endast vara rena massor eftersom det sällan uppkommer förorenade blöta massor. Cirka priset för blöta massor gäller när en deponering är möjlig⁶. I Göteborg finns det mycket begränsat med deponeringsställen för blöta massor och om det går att deponera är endast tippavgiften 60 till 100 kronor per ton. Situationen för deponering av massor i till exempel Stockholm ser annorlunda ut. Där har ett ökat exploaterande av marken, samtidigt som deponier inte fått öka sin kapacitet, lett till markant högre kostnader. För att deponera blöta massor i Stockholm finns det indikationer på att tippavgiften är 3 till 5 gånger dyrare per ton än i Göteborg⁷.

En deponi måste ha tillstånd ifrån mark- och miljödomstolen innan den får användas som upplag (Sveriges Domstolar 2016). Främst kategorin KM till MKM, eller renare, anses vara en lämplig nivå av föroreningsgrad för överskottsmassor ämnade att återfylla en täkt med och att få ett godkännande ifrån mark och miljödomstolen⁸.

3.2 Lastbärare

I följande avsnitt listas alternativ på tänkbara lastbärare. För de olika lastbärarna kan lämplig transportmetod variera beroende på storlek, vikt och utformning. Det medför att valet av passande typ av lastbil varierar. Lastbärare finns i fler utföranden än som anges nedan.

⁴ Nilsson 27 april

⁵ Persson 16 mars

⁶ Persson 16 mars

⁷ Bo Persson (Väg och Anläggning Väst, Skanska) intervjuad av författarna den 21 april 2016.

⁸ Persson 16 mars

3.2.1 Lastväxlarflak/ Rullflak

Lastbäraren består av ett flak, utrustat med hjul eller rullar baktill. Hela konstruktionen kan antingen tippas eller rullas av lastbilen med hjälp av en krokförsed hydraulisk lastarm (Ahlström 2011).

I stadsmiljö transporteras dessa flak främst på lastbil utan släp, då släp anses för skrymmande och tidskrävande. Lastbilar som används för att transportera dessa flak får högst lastas med 14 ton för transport på svenska vägar⁹.

Volym: 12/15/20 m³
Mått: 6x4 m
Vikt: 2545/2630/2775 kg
Maxlast: 14 ton
Max volym lera: 6,5 m³
(BFAB 2016)



Figur 1 Lastväxlarflak/Rullflak 20 m³

3.2.2 Sima/ISO-container

ISO-container har ett standardutförande för att kunna transporteras på båt, lastbil och järnväg. För att kunna lasta jordmassor väljs så kallad "open top" container, där containern saknar överdel. Containern kan lyftas på och av med en sima, en typ av sidlastande lastbil. De kan även lastas med truck eller olika typer av kranar och specialutrustning som finns på omlastningscentraler. Containern kan täckas upptill så att den inte vattenfylls. Nedan listas alternativen 20 fot och 40 fot.

Volym: 32,7/67,1 m³
Mått: 6,1x2,4x2,6/
12,2x2,4x2,6 m
Vikt: 2290/4040 kg
Maxlast: 21,6/26,5 ton
Max volym lera: 12,7/15,59 m³
(Containerhandel 2015A)



Figur 2 ISO-container 20 fot

⁹ Nilsson 27 april

3.2.3 Liftdumpercontainer

Liftdumpercontainer är en robust container som är vanlig för hantering av avfall. Den har få eller inga rörliga delar och lyfts på och av lastbil med hjälp av en lyftdumper eller en kranbil. Vissa utföranden har öppningsbara luckor bak. De kan staplas på varandra när de inte bär någon last och tar därigenom liten plats (Alwex 2016).

Volym: 10 m³

Mått: 3,5x1,9x1,8 m

Vikt: 700 kg

Maxlast: 8 ton

Max volym lera: 4,7 m³

(Tekniskaverken 2015)



Figur 3 Liftdumpercontainer

3.3 Arbetsplatser

Arbetsplatsens geografiska läge och förutsättningar på platsen påverkar vilket arbetssätt som kan vara möjligt. Gemensamt för alla arbetsplatser är att de kan finnas ett behov av uppställningsytor för lastbärare samt möjlighet att tvätta fordonen innan de trafikerar allmänna vägar¹⁰. Nedan listas referensarbetsplatser som kommer att starta sin produktion inom snar framtid, alternativt har den redan påbörjats.

Geotekniska undersökningar har genomförts inför projekten i centrala Göteborg. Cirka 20 procent av massorna förväntas innehålla föroreningar, 80 procent av massorna förväntas innehålla föroreningsgrader som ligger under riktvärdena för MKM (Miljösamverkan Västra Götaland 2014). Siffran antas gälla för arbetsplatser där ingen annan information framkommit.

3.3.1 Marieholmsförbindelsen

Marieholmsförbindelsen är ett projekt främst bestående av en ny tunnel under Göta älv, samt en ny järnvägsbro över älven. Tunnelkonstruktionen är en sänktunnel där älven kommer muddras, för att sedan bogsera ut tunneldelarna och sänka ner dem på plats. Bron är en 1,5 kilometer lång lyftsvängbro som kommer sträcka sig över Göta älv, Säveån samt industriområdena Marieholm och Tingstad. Förbindelsen samman knyter europavägarna E6, E20 och E45 samt Hamnbanan med Göteborgs övriga väg- och järnvägsnät (Trafikverket 2015C). Projektet förväntas skapa ett massöverskott på cirka en miljon kubikmeter under tiden schaktningen pågår (Trafikverket 2015A). Arbetet förväntas pågå i fyra år och generera massor i klassen KM till MKM eller renare (Trafikverket 2014B).

3.3.2 Västlänken

Västlänken är ett planerat järnvägsprojekt för nybyggnation av järnvägsspår genom centrala Göteborg. Det kommer till största delen vara under mark och byggnationen av tunnlar sker genom både berg och lera. Ett överskott förväntas på cirka 2 000 000

¹⁰ Bengtsson 1 april

m³ lera. De prover som tagits på marken har visat att mellan 85 och 90 procent av massorna kommer vara under riktvärdena för känslig mark. Främst kommer dessa massor uppkomma i området runt Göteborgs central och Korsvägen¹¹. Trafikverket planerar en upphandling om alternativa transportsätt för överskottsmassor ifrån västlänken med annonsering 2017¹².

3.3.3 Lundbyleden

Lundbyleden är en av Göteborgs högst belastade leder. I framtiden förväntas belastningen öka med öppnandet av Marieholmsförbindelsen och planerna för utökning av Backaplan. Projektet består i en anpassning av vägnätet samt en utbyggnad av Bohusbanan. Vägnätet kommer öka kapaciteten och förenkla navigerandet på den idag dåligt anpassade vägdelen. Bohusbanan kommer ökas från enkel till dubbelspår, för ökad kapacitet och minskade störningar på både Bohusbanan och Hamnbanan. Projektet är uppdelat i etapper, på delen Brantingsmotet till Ringömotet förväntas en total schaktvolym på 70000 m³ jordmassor uppstå under arbetet (ÅF Infrastructure AB 2015).

3.3.4 Hamnbanan

Hamnbanan kopplar samman Göteborgs hamn med Sveriges övriga järnvägsnät. För att öka kapaciteten och robustheten i systemet kommer sträckan beläggas med dubbelspår istället för dagens enkelspår. Etappen Pölsebo till Skandiahallen beräknas få en schaktvolym på 19000 m³ jordmassor (Sweco 2015), Eriksberg till Pölsebo förväntas schaktvolymen bli 200000 m³. Materialet kommer främst ligga i klasserna KM och KM till MKM. Merparten förväntas inte kunna återanvändas i projektet på grund av arbetsordning och tekniska egenskaper hos materialet (Sweco Environment AB 2015).

3.4 Lastplatser

Nedan listas och specificeras lämpliga lastplatser i Göteborg enligt Bo Persson, Skanska. Dessa är Sävenäs, Skandiahallen, Centralstationen och Vikans kross. Vid dessa platser finns möjligheter för lastning och lossning av lastbärare till järnväg¹³.

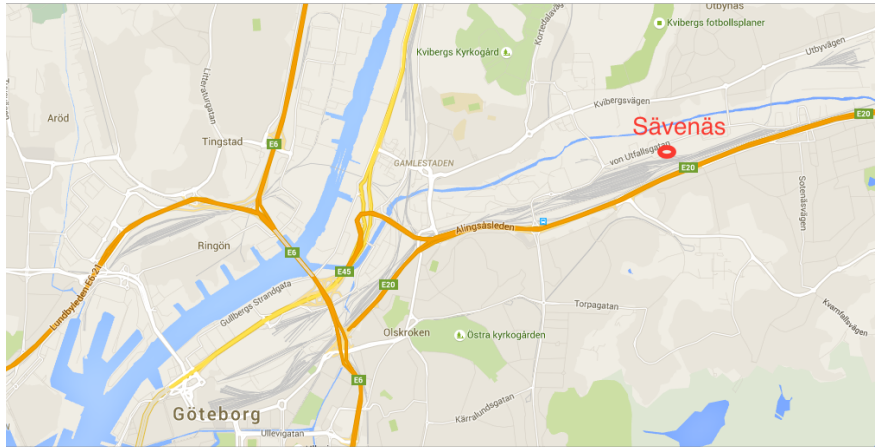
3.4.1 Sävenäs

Sävenäs lastplats styrs och ägs av Trafikverket, lastplatsen ligger i nära anslutning till E20. Lastplatsen har en uppställningsyta på cirka 300 x 100 m (30 000 m²) som är grusad. Platsen har ingen kombiterminal verksamhet idag utan går att arrendera direkt ifrån Trafikverket. Lastning och lossning kan ske med truck eller hjullastare (Gustafsson 2016).

¹¹ Bengtsson 1 april

¹² Johan Bengtsson (Samordnare överskottsmassor, Trafikverket) Intervjuad av författarna den 18 maj 2016

¹³ Persson 16 mars



Figur 4 Lastplats Sävenäs (Google Maps 2016A).

3.4.2 Skandiahamnen

Skandiahamnen är Göteborgs hamn och är navet för Sveriges export och import av varor med hjälp av fartyg. Marken i Skandiahamnen ägs av det kommunala bolaget Göteborg Hamn AB som arrenderar ut mark till internationella hamnoperatörer (Göteborgs hamn 2014). I Skandiahamnen opererar tre terminalbolag: Gothenburg Roro Terminal, APM Terminals Gotenburg och Logent Ports & Terminals. Dessa terminaler skiljer sig åt, Gothenburg Roro Terminal behandlar framförallt containers, trailers och bilar. APM Terminals Gothenburg tar emot de största containerfartygen och behandlar stora mängder av containers. Logent Ports & Terminals behandlar framförallt fordon. Dessa terminaler har sammanlagt stor kapacitet för uppställningsytor och möjligheter för lastning och lossning av lastbärare (Göteborgs hamn 2016).



Figur 5 Skandiahamnen (Google Maps 2016B).

3.4.3 Centralstationen/ Gullbergsvass

Vid centralstationen i Göteborg ligger kombiterminalen Gullbergsvass. Den ligger centralt i Göteborg och opereras av Green Cargo. Terminalen är idag modern med bland annat radiostyrda truckar (Wingmalm 2011). Vid samma plats finns det en omlastningscentral där det går att lasta om gods mellan tåg samt mellan tåg och lastbil. Platsen har en uppställningsyta på 50 000 m² för lösa lastbärare som containrar och en uppställningsyta för styckvisa gods på cirka 20 000 m² som delvis är under tak. Terminalen har utvecklad utrustning för att hantera omlastning och förvaring av containrar, trailrar och lastväxelflak (Börjesson 2014).



Figur 6 Lastplats Gullbergsvass (Google Maps 2016C).

3.4.4 Vikans kross

Skanska Asfalt och Betong AB äger detta område och bedriver bland annat kross och materialverksamhet här. Det finns närbelägen tågräls men ingen räls dragen in i området vilket är ett hinder. Däremot ansvarar Skanska själva för ytan vilket möjliggör egen logistik. Detta underlättar för mellanlager av containrar, flöde och precision på ankommande och avgående tåg. Vikans kross skulle kunna ta emot returmaterial för sin verksamhet eller vidare distribution¹⁴.



Figur 7 Vikans kross (Google Maps 2016D).

3.5 Järnväg

För att det ska finnas möjlighet att transportera massor på järnväg behöver sträckningens kapacitet och kapacitetsutnyttjande analyseras och jämföras med vilka krav som ställs på transporten. Kapaciteten på en järnvägssträcka beror på flera faktorer. Några av de viktigaste aspekterna är om sträckan är belagd med enkel eller dubbelspår, avstånd mellan mötesplatser, typ av signalsystem och vilken typ av tåg som trafikerar på sträckan. Sträckans kapacitetsutnyttjande är ett mått på hur stor beläggningen är. Ett kapacitetsutnyttjande på 80 procent eller mer indikerar att

¹⁴ Persson 16 mars

sträckan är mycket känslig för störningar och medelhastigheten är låg. Ligger nyttjandet mellan 60 och 80 procent är trafiken känslig för störningar. Vid kapacitetsnyttjande på mindre än 60 procent anses möjligheterna goda till ett ökat nyttjande av sträckan (Trafikverket 2016). Undersökningar behöver göras för att bestämma om det finns begränsningar för hur mycket massor som kan transporteras på ett tåg. Idag ändras standarden för mötes- och förbigångsspår för att passa tåglängden 750 meter, på de flesta sträckor finns begränsningar på 630 meter. Vanlig begränsning för max vikt på svenska järnvägar är idag 6,4 ton per meter, vissa banor klarar max vikt på 8 ton per meter och en högsta axellast på 22,5 ton (Fröidh 2013). Vilket mått som blir begränsande beror på vilken typ av vagn som används och hur den lastas. Spår som ansluter mottagningsplatser med järnvägsnätet kan vara annorlunda utformade än övriga järnvägsnät. Idag finns stickspår som inte är elektrifierade och kortare än 630 meter. Då kan det finnas ett behov av att rangera om vagnar till kortare tågset och diesellok som drar vagnarna.

3.5.1 Vagnar

I Sverige och i Europa finns det ett stort utbud av järnvägsvagnar för flera olika ändamål dock ingen standardiserad vagn för transport av schaktmassor. Då Green Cargo fraktar schaktmassor rekommenderar de 20 fots containrar som lastas och lossas på containervagnar med hjälp av en containertruck, se bilaga H. Om leran eller schaktmassorna är förorenad fraktas den i mindre containrar som entreprenören ansvarar för¹⁵.

Vid transport av schaktmassor med lastbil sker det i stor uträkning med hjälp av lastväxlarflak. Dessa lastväxlarflak går att rulla direkt på och av intermodala tågsvagnar. Dessa tågsvagnar är utformade att få plats med tre stycken 6m containrar med rullflaksram, se bilaga G (Green Cargo 2014A).

3.6 Mottagningsplatser

Vid mottagningsplatsen behövs det ett stickspår eller ett spår i nära anslutning till mottagningsplatsen där det finns möjlighet för lastning och lossning av lastbärare. Denna plats bör vara lämplig för lastbil och truck att hämta containrar vid för vidaretransport till tåkten som ska återfyllas. Lastbärare med schaktmassor behöver rengöras efter tömning. I de fall när inte massorna lossnar lätt ifrån lastbäraren behövs det en metod för att frigöra materialet ifrån behållaren. Ett möjligt sätt att rengöra behållaren och frigöra massor är att använda sig av en brandpost med högt vattenflöde för att spola rent lastbärarna. Denna brandpost bör vara tillgänglig på det stället vid tåkten där massorna ska lossas ifrån behållaren. Det bör även finnas en post i nära anslutning till stickspår eller vid mellanlagringsplats. Denna slang går även att använda som hjultvätt för lastbilarna om den är placerad på lämplig plats i området. Brandposten kan ersättas med en vattenbehållare med tryck som går att förflytta för att kunna erhålla en mer flexibel tvätt. Detta möjliggör en smidig process vid mottagningsplatsen¹⁶.

¹⁵ Jacob Brendelius (Green Cargo) intervjuad av författarna den 4 maj 2016.

¹⁶ Persson 16 mars

3.7 Möjliga risker

I detta kapitel behandlas möjliga risker som kan göra att transport av överskottsmassor och återfyllnad av täkt inte är möjlig att genomföra eller att det uppstår förseningar. Det finns fler risker med transportkedjan än de som specificeras i följande avsnitt. Till exempel vid schaktningsarbete på arbetsplatsen kan det bli förseningar då det uppkommer oförutsedda hinder som gör att massor inte kan schakts i avtalad takt.

3.7.1 Miljörisker

En transport av gods är ansträngande på miljön vilket betyder att om transporten sker långa sträckor måste den vara hållbar i förhållande till andra alternativ. Det är fördelaktigt om transporten till täkter i Sverige är lika eller mindre påfrestande att göra än att transportera och deponera massor vid närmsta motsvarande deponi. Om det är mer påfrestande behöver vidare utredning göras, till exempel kan det vara fördelaktigt för miljön att deponera massorna vid täkter på grund av andra parametrar¹⁷.

3.7.2 Ekonomiska risker

För att transporten av schaktmassor ska uträttas behövs avtal skrivas med olika företag som bland annat tågoperatörer, åkerier och uthyrare av maskiner eller utrustning. Det finns en risk att något av dessa avtal blir för kostsamt vilket leder till att hela transporten blir för dyr att genomföra. Om så är fallet behöver det kostnadsstället utredas grundligt innan hela teorin om transportkedjan kan förkastas, till exempel kan nya mindre kostsamma arbetssätt utredas och tas fram¹⁸.

3.7.3 Efterbehandling täkt

För att återställa en täkt behövs det tillstånd ifrån mark- och miljödomstolen innan den till exempel får fyllas med massor (Sveriges Domstolar 2016). När en täkt ska återfyllas behövs vissa aspekter undersökas:

- Grundvattenskyddet: avståndet till grundvattenytan. Grundvattnet har stor betydelse för nuvarande och kommande generations dricksvattenförsörjning.
- Föroreningsrisken.
- Biologiska värden: djur, insekter och växtliv.
- Geologiska värden: estetiska värden och landskapsbilden.

Detta eftersom naturbilden ska vara så harmoniserande med närliggande miljö som möjligt och därmed inte ha negativ effekt på området över lång sikt (Länsstyrelsen Västmanlands län 2016). Vid efterbehandling av täkter finns även en risk att inte tillstånd ges för de massor som den ansvariga vill fylla täkten med.

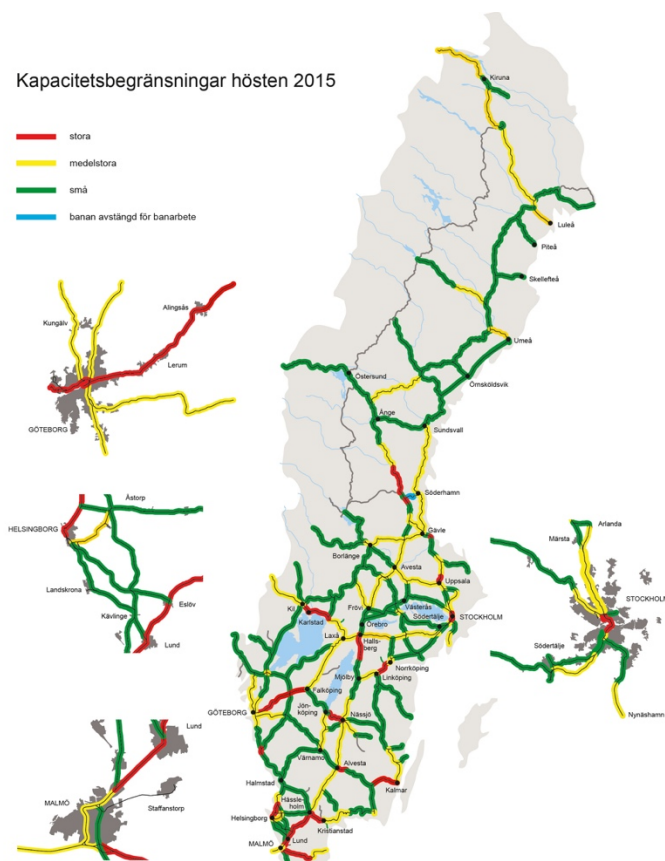
3.7.4 Kapacitet järnväg

Inom storstadsområden Stockholm, Göteborg och Malmö finns det allvarliga kapacitetsbegränsningar på järnvägen. Även på andra delar av trafiknätet finns det begränsningar. Dessa begränsningar är uppdelade på stora, medelstora och små begränsningar och kan utläsas ifrån kartan i figur 8 nedan, alternativt bilaga F. Med stora begränsningar betyder det att känsligheten för störningar är hög,

¹⁷ Henrik Nilsson (Infrastruktur Väst, Skanska) intervjuad av författarna den 13 maj 2016.

¹⁸ Nilsson 13 maj

medelhastigheten är låg och det finns stora problem med att hitta tid för underhåll av bana. Medelstora begränsningar betyder att det finns en avvägning mellan antal tåg och kvalitet, vilket betyder att sträckan är störningskänslig. När det är små begränsningar finns det utrymme för mer trafik samt underhåll av banan kan utföras enligt plan (Trafikverket 2016).



Figur 8 kapacitetsbegränsning (Trafikverket 2016).

Om det stråket som tågtransporten betjänar innehåller delar med stora och medelstora begränsningar kan detta medföra en risk att det är svårt att få tillträde till kapacitetutnyttjande av rälsen till ett ekonomiskt försvarbart pris¹⁹. Dessa kapacitetsbegränsningar medför konkurrens på järnvägen. Vid ökad konkurrens som när nya aktörer träder fram till exempel inom persontransporter på järnvägen, som inträdandet av MTR-express, blir det ännu större kapacitetsbegränsningar. Detta medför att tilldelningen av tåglägen för såväl persontåg som godståg blir svårare och dyrare att erhålla (Olsson et al. 2014).

3.7.5 Tekniska problem

Sveriges järnvägar står varje år inför stora problem vilket medför att tåg inte kan betjäna spåren. Det kan till exempel vara: rälsbrott, tjälskador, vilket betyder att slipern under rälsen sjunker eller lyfter. Det kan även vara problem som solkurvor, vilket betyder att rälsen ändrar form när den blir varm (Trafikverket 2015B). När detta sker blir det begränsningar på järnvägen och tåg kommer i olika prioriteringsordningar, ett tåg som är högt prioriterat får åka före ett tåg som är lägre prioriterat. Godståg

¹⁹ Jon Svensson (Skanska Sverige AB) intervjuad av författarna den 18 mars 2016.

kommer långt ned på prioriteringslistan vid dessa tillfällen och persontåg kommer högt upp. Detta drabbar i sin tur näringslivet och viktiga transporter har svårt att nå sin destination i tid (Olsson et al 2014).

3.8 Ekonomi

I detta kapitel behandlas de ekonomiska förutsättningarna för transport av schaktmassor med en intermodal transportmetod. Prissättning av varje del i transportkedjan anges.

3.8.1 Prissättning lastbil

För transport av schaktmassor från arbetsplats till lastplats används lastbil. Lastbilar kan delas upp i olika typer. Vid transport av schaktmassor används lastbil, SIMA lastbil eller anläggningsbil. Dessa fordon har alla olika egenskaper där en lastbil kan frakta liftdumpercontainer, lastväxlarflak eller ISO-container. SIMA lastbil rymmer två 20 fots ISO-containrar alternativt en 40 fot. Anläggningslastbil har fasta flak och maxlasten begränsas efter fordonets utformning och vägnätets lastklass. Vid kostnadsberäkningar kan följande priser i tabell 2 användas för transporter inom Göteborgsregionen²⁰.

Tabell 2 Kostnader lastbilstransporter²¹

Typ av lastbil	Kostnad (utan container)	+ släpkostand (utan container)
Lastbil	750 kr/tim	250 kr/tim
SIMA lastbil	1 100 kr/tim	-
Anläggningslastbil	725 kr/tim	250 kr/tim

3.8.2 Prissättning lastbärare

Kostnader för att hyra respektive köpa olika typer av lastbärare är mellan 20 och 100 kronor per dygn respektive 20 000 och 80 000 kronor per styck. Generellt är en lastbärare utan tekniska finesser, till exempel rullar eller luckor, billigare²².

Kostanden för att hyra en open top ISO-container 20 fot är cirka 900 kronor per månad²³. Att köpa en open top ISO-container 20 fot kostar cirka 21 000 kronor (Containerhandel 2015B).

3.8.3 Prissättning järnväg

Vid prissättning av järnvägstransporter finns det vissa parametrar som avgör priset. Dessa parametrar varierar beroende på vilken transport som ska utträttas. Är det en liten del gods som ska transporteras med ojämnt intervall använder sig inte tågoperatören av hela tågset för just den transporten, detta gods transporteras tillsammans med annat gods. I fallet när stora volymer av schaktmassor ska

²⁰ Persson 16 mars

²¹ Persson 16 mars

²² Persson 16 mars

²³ Torbjörn Börling (Containerhandel Caru AB) telefonintervju av författarna den 22 april 2016.

transporteras används tågset som är dedikerade för endast den transporten. De parametrar som behöver behandlas för att fastställa ett pris för en sådan transport är: lastplats, mottagningsplats, volym/ flöde och precision²⁴.

Den information som behövs vid last- och mottagningsplats är geografisk position, egenskaper på rälsen (längd, elektrifiering, lastprofil) samt möjlighet till mellanlager och lastningsmöjligheter. Längden på spåret och om spåret är elektrifierat har betydelse för priset. Normal längd för ett tågset vid godstransporter i Sverige är 650 meter, om spåret vid last- och mottagningsplats är kortare än det ökar priset på transporten. Detta eftersom tågsetet behöver rangeras om så att en del av tågset kan köras in på platsen åt gången. Om spåret vid last- och mottagningsplats inte är elektrifierat behöver tågsvagnarna kopplas ifrån elloket och dras in på spåret med hjälp av ett diesellok. Om spårlängden vid till exempel mottagningsplatsen är 300 meter kan det bli en markant kostnadsökningen mot att den är 650 meter²⁵.

Volym och flöde beskriver i vilket antal och i vilken takt som lastbärare är i behov av att transporteras. Detta behov reglerar hur många tågset som behövs för att kunna tillgodose transportbehovet. Om ett tågset kan användas som ett omlopp för att tillgodose behovet blir kostnaderna lägre än om det behövs två tågset vid varje omlopp för att tillgodose behovet²⁶.

Vid tecknat avtal med tågoperatör är det specificerat vid vilka tider ankommande och avgående tåg går. Om precisionskravet på dessa tider är brett borde kostnaderna för transporten vara lågt i förhållande till om precisionskravet är väldigt specifikt. Det vill säga att om det finns en avtalad tid då tågsetet ska anlända vid mottagningsplats. Till exempel klockan 14:00 men precisionskravet är +/- 5 minuter i förhållande till +/- 1 timma är kostnaden för transporten olika, där kostnaderna för den sistnämnda är lägre än den första²⁷.

Vid prissättning av tågsträcka använder sig tågoperatörer av en karta, Tåglägesavgift 2016 som Trafikverket ger ut varje år, se figur 9 alternativt bilaga E. På den karta går det att läsa vilken kostnadsnivå tågläget för en sträcka ligger i. Bas, mellan eller hög är de olika kategorierna, där bas är den billigaste och hög den kostsammaste nivån (Trafikverket 2014C). Beroende på vilken kategori den sträcka som tåget ska betjäna är kostnadsskillnaderna stora. Det bör dock tas i beaktande att inte alla sträckor av Sveriges järnvägar är ombyggda efter dagens standard vilket innebär att de är elektrifierade samt har ett utvecklat signalsystem. Det betyder att en sträcka som är Bas inte nödvändigtvis är billigast att nyttja²⁸.

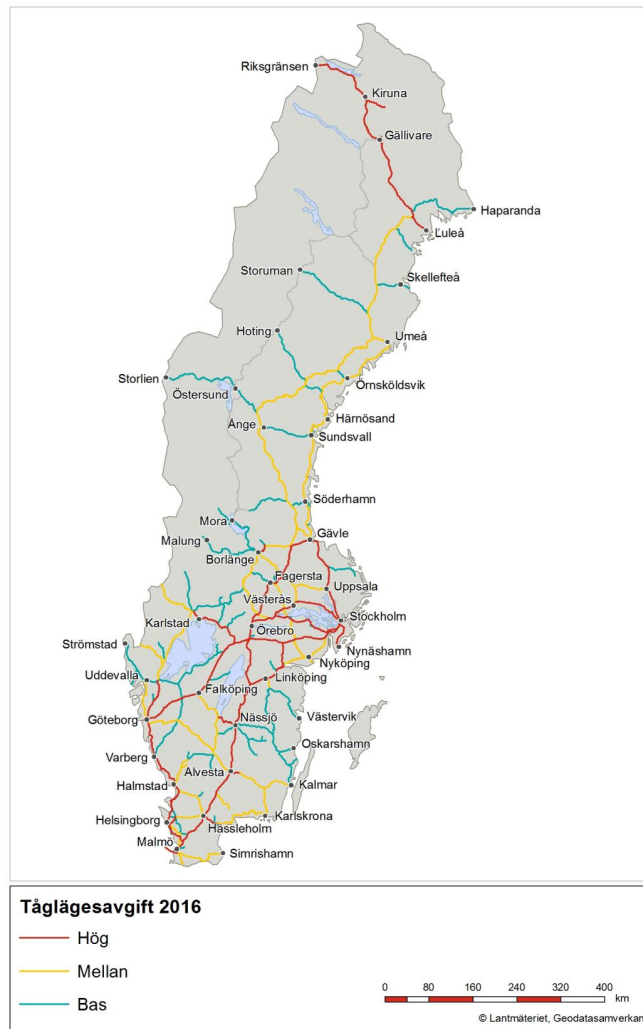
²⁴ Jacob Brendelius (Green Cargo) intervjuad av författarna den 21 april 2016.

²⁵ Brendelius 21 april

²⁶ Brendelius 21 april

²⁷ Brendelius 21 april

²⁸ Brendelius 4 maj



Figur 9 Tåglägesavgift 2016 (Trafikverket 2014C).

Transporten av schaktmassor till en mottagningsplats med containrar resulterar i att det transporteras tomma containrar tillbaka till lastplatsen. Om containrarna istället fylls med något annat material som kan transporteras tillbaka till lastplatsen påverkar detta priset med en ökning om cirka 10 procent i förhållande till om containrarna transporteras tillbaka tomma. Prisökningen på 10 procent beror på att tågets bruttovikt blir större på grund av materialets vikt och därav krävs det mer energi att driva tåget²⁹.

²⁹ Brendelius 21 april

4 Fallstudie IRR

Fallstudien baseras på data specificerat i kapitel 3 Förutsättningar. En transportkedja fastställs med arbetsplats, mängder, arbetsmetod och utrustning nödvändig för att genomföra transporten. Beräkningar av ekonomi och miljöpåverkan för transportkedjan jämförs med lastbilstransporter. Diskussion kring arbetsmetoder och utrustning utvecklas i kapitel 5 Diskussion.

4.1 Transportkedja

Arbetsplats Marieholmsförbindelsen har valts för fallstudien eftersom data gällande mängder och tider är säkerställda. Övriga arbetsplatser under kapitel 3 Förutsättningar kan ses som möjliga objekt där detta arbetssätt kan användas.

Marieholmsförbindelsen skapar ett överskott av jordmassor på cirka 1050 kubikmeter, 1785 ton, per arbetsdag. Massorna förväntas vara kategoriserade i klassen KM till MKM eller renare (Trafikverket 2014B). Som lastbärare används ISO-containrar, 20 fot open top. Mängden massor samt valet av lastbärare ger ett behov på cirka 90 containrar och 90 transporter mellan arbetsplats och omlastningsterminal per dag. Containrarna transporteras på lastbil till omlastningsterminal Gullbergsvass, där Green Cargo opererar en kombiterminal. Avståndet för lastbilstransport mellan Marieholmsförbindelsen och Gullbergsvass förväntas vara tio kilometer. För att ta fram ett medelvärde av transporttid mellan arbetsplats och omlastningsterminal ansätts att en tur och retur resa för lastbilen tar 60 minuter, vilket enligt Bo Persson³⁰ bör vara den maximala tiden för en sådan transport inom Göteborgsområdet. Containrarna lyfts av lastbilarna och lastas på tågagnar, vid behov lagras containrar på en uppställningsyta inom terminalområdet innan de lastas på tågagnar. Containrarna körs sedan med tåg från Gullbergsvass till Åstorp. Transport på järnväg sker med ett helt tågset. Varje tågset kan transportera 90 stycken containrar med 20 ton schaktmassor i vardera container. Vilket blir en total vikt om 1800 ton schaktmassor per omlopp³¹. En lastbil kan maximalt transportera 15 till 16 ton per container, det betyder att 90 containrar som kan transporteras på varje tågomlopp blir ett flöde om 1350 till 1440 ton³². Vidare i uppställning av diagram har 1400 ton används för ett tågomlopp. Tågtransporten sker via Väst kustbanan och godsstråket genom Skåne, en sträcka på cirka 220 km. Stickspåret i Åstorp är 300 m och inte elektrifierat vilket kräver en rangering av tågagnarna (Skånsk makadam 2010). För beräkningar av mängder per arbetsdag används 2016 års kalender med 238 arbetsdagar, inräknat i detta är ett stopp på tre veckor på grund av semester under sommaren (TT 2016). Ett jämt flöde av jordmassor antas under perioden då arbetet förväntas pågå. En sammanställning av data för fallstudien presenteras i tabell 3.

³⁰ Persson 16 mars

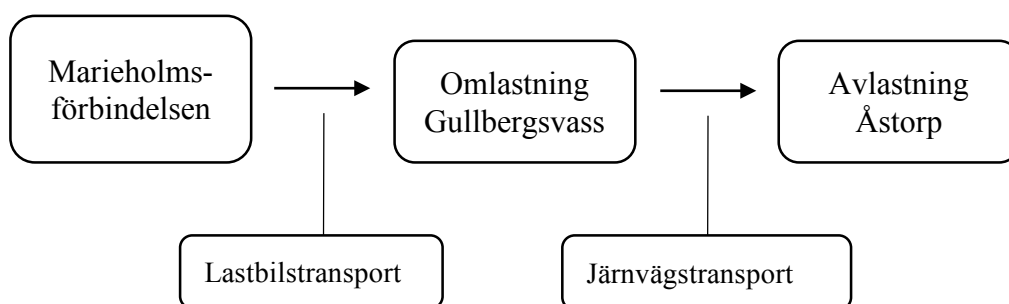
³¹ Brendelius 21 april

³² Bo Persson (Väg och Anläggning Väst, Skanska) intervjuad av författarna den 9 maj 2016.

Tabell 3 Sammanställning transportkedja Fallstudie

	Typ	Antal/Mängd	Restriktioner	Transportkedja
Arbetsplats	Marieholms-förbindelsen	1785 ton/dag	-	1400 ton
Massor	KM till MKM, KM, Blöta	1785 ton/dag	-	1400 ton
Lastbärare	20 fots open top ISO-container	180 st	21,6 ton	90 st
Lastbilstransporter	Lastbil 10 km	90 transporter	1400 ton	90 st
Omlastning	Gullbergsvass	-	-	-
Transport Göteborg-Åstorp	Tåg	220 km	90 containrar	220 km

Flödesschemat för transport av massor ser ut enligt figur 10 nedan:



Figur 10 Transportkedja Fallstudie Åstorp

För att uträtta transporten av 20 fot ISO-container med tåg används vagn av typen SGNSS, vilket är en fyraxlig containervagn, se bilaga H. Max axellast för denna typen är 22,5 ton och rymmer tre stycken 20 fot ISO-containerar som illustreras i figur 11. På grund av längdrestriktioner på Sveriges järnvägar kan ett tågset maximalt bestå av 30 stycken SSGNS-vagnar. Om tågsetet består av 30 stycken vagnar och lok blir dess längd strax över 600 meter och klarar av att frakta cirka 1800 ton schaktmassor. Dessa vagnar lastas lämpligast med en containertruck³³. Den valda arbetsmetoden, där containrar fylls på arbetsplatsen för att sedan köras på lastbil till omlastningsterminalen, gör att tåget lastas med 1400 ton på grund av viktrestriktioner för lastbilarna. Alternativ arbetsmetod diskuteras i kapitel 5.1 Lastbärare och transport till lastplats.

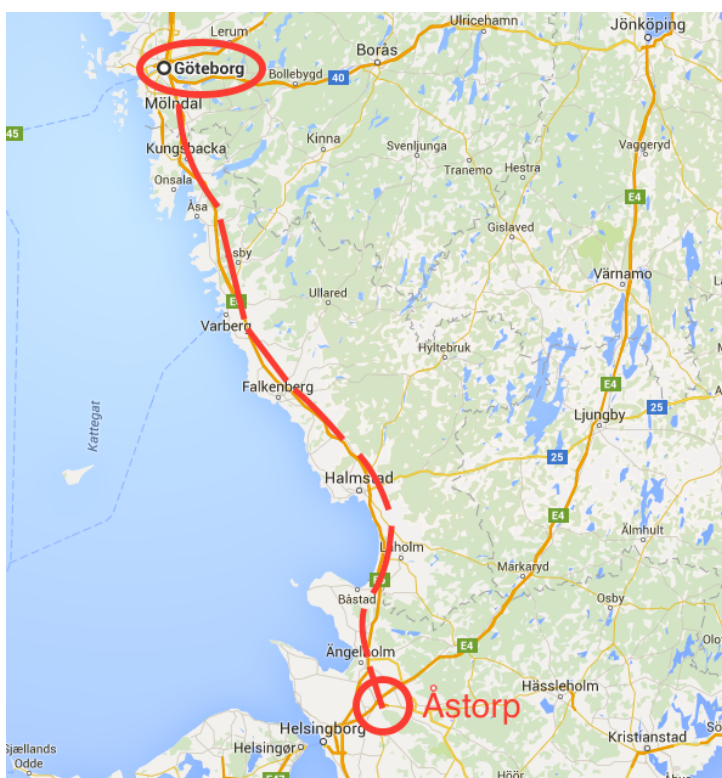
³³ Brendelius 21 april



Figur 11: Vagn SGNSS med 3 stycken 20 fot ISO-containrar (Green Cargo 2014B)

4.1.2 Järnväg

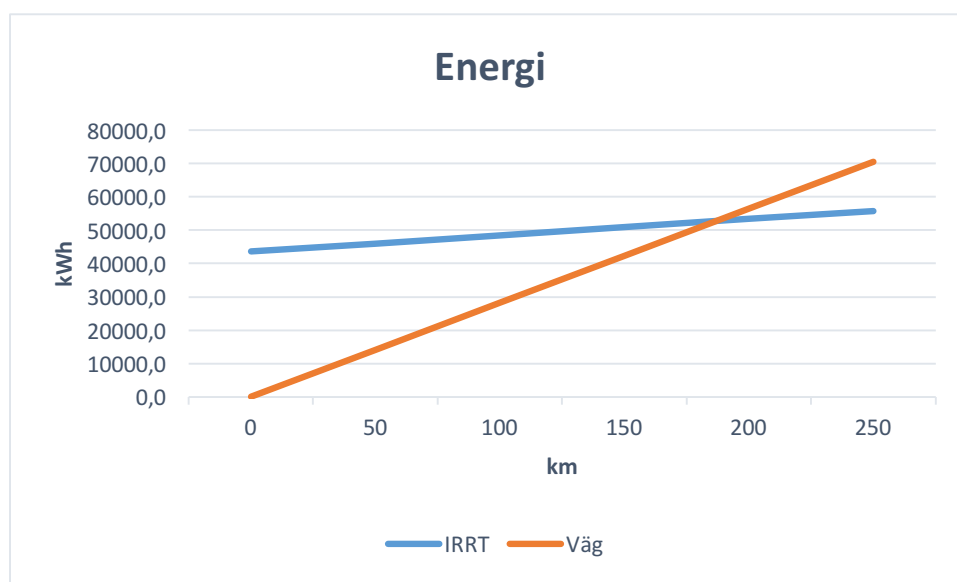
Sträckan som ska betjänas sträcker sig ifrån centrala delar av Göteborg till bergtåkten i Åstorp. Beroende på vilken väg som används kan sträckan variera. Används Väst kustbanan, Göteborg till Ängelholm och därefter godsstråket genom Skåne, Ängelholm till Åstorp är sträckan cirka 220 kilometer. Stora delar av Väst kustbanan är dubbelspårig. De delar som idag endast är belagd med enkelspår har stort kapacitetsutnyttjande och kan begränsa framkomligheten. Sträckorna Göteborg till Kungälv och Båstad till Vejbyslätt har en utnyttjandekapacitet mellan 60 till 80 procent. Varberg till Hamra är sträckans högst utnyttjade del med över 80 procent kapacitetsutnyttjande (Trafikverket 2016). Figur 12 visar järnvägssträckan mellan Göteborg och Åstorp.



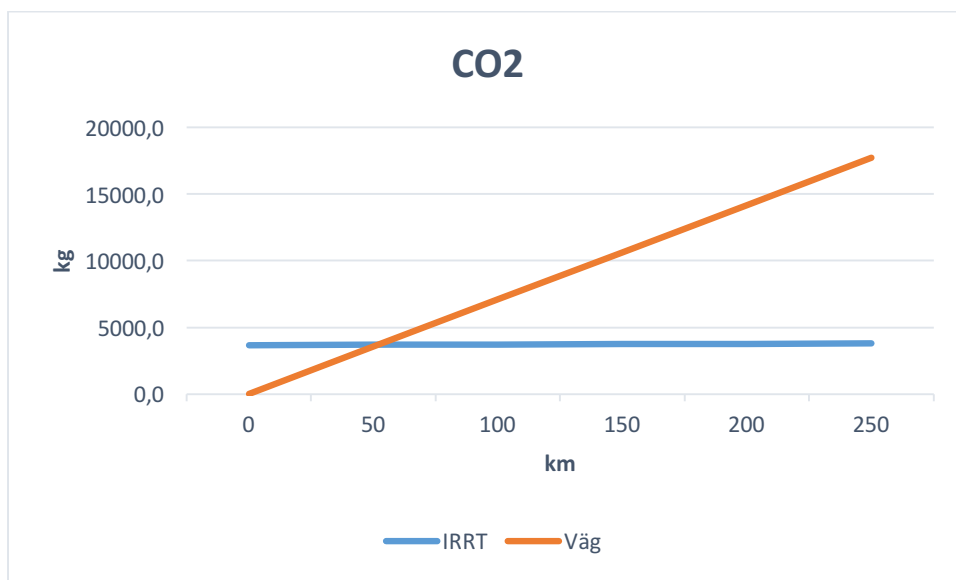
Figur 12 Järnväg Göteborg till Åstorp (Google Maps 2016E)

4.2 Miljöpåverkan

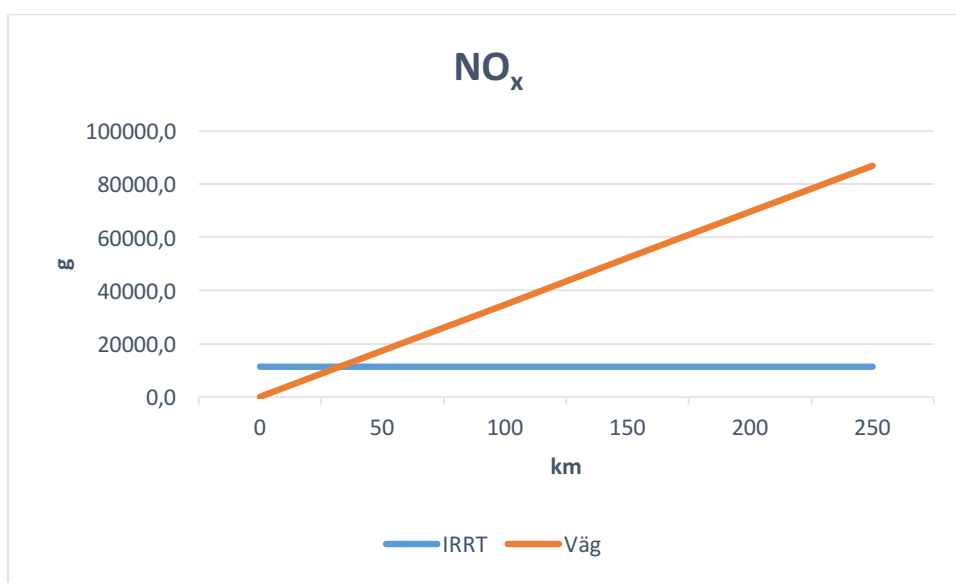
Vid beräkningar har verktyget GK (Trafikverket 2013B) använts. Vid användning och beräkning av miljöpåverkan vid IRRT antas att stickspåret vid mottagningsplatsen är utformad att fulla tågset kan köras hela vägen och inget behov finns för diesellok som drar vagnarna. De utsläpp som beräknas är angivna i kapitel 2.2 Föroreningar från transporter vilket är energi, växthusgaser, kväve- och svaveloxider. Transportkedjan för IRRT ser ut enligt följande: Lastbilstransport från arbetsplats till omlastningsterminal, omlastning, tågtransport och omlastning. För transport på lastbil väntas inga omlastningar ske, där påverkar endast körsträckan resultatet. I verktyget GK matas den totala vikten av transporten in som 1400 ton, sedan transportlängder och aktiviteter enligt följande för IRRT: (1) Transport med svensk fjärrbil 10 km, (2) Järnvägsterminal Stor 0 km, (3) Långt El-tåg (1500 ton) SE 220 km, (4) Järnvägsterminal Stor 0 km. För lastbilstransport sätts transportkedjan till 1400 ton, svensk fjärrbil 220 km. I figur 13 till 16 jämförs miljöpåverkan i transportkedjorna IRRT och lastbilstransport. Tabellen i Bilaga D visar en sammanställning av resultaten. Resultatet av beräkningar ger en transportlängd där miljöpåverkan är lika stor för båda transportkedjorna, så kallad "break even" längd. Nedan visas diagram för miljöpåverkan i varje utsläppskategori. Diagrammen baseras på resultaten av beräkningarna. För att få en klar bild över avståndet då break even uppnås har miljöpåverkan av båda omlastningarna lagts först i diagrammen tillsammans med lastbilstransport från arbetsplats till omlastningsterminal.



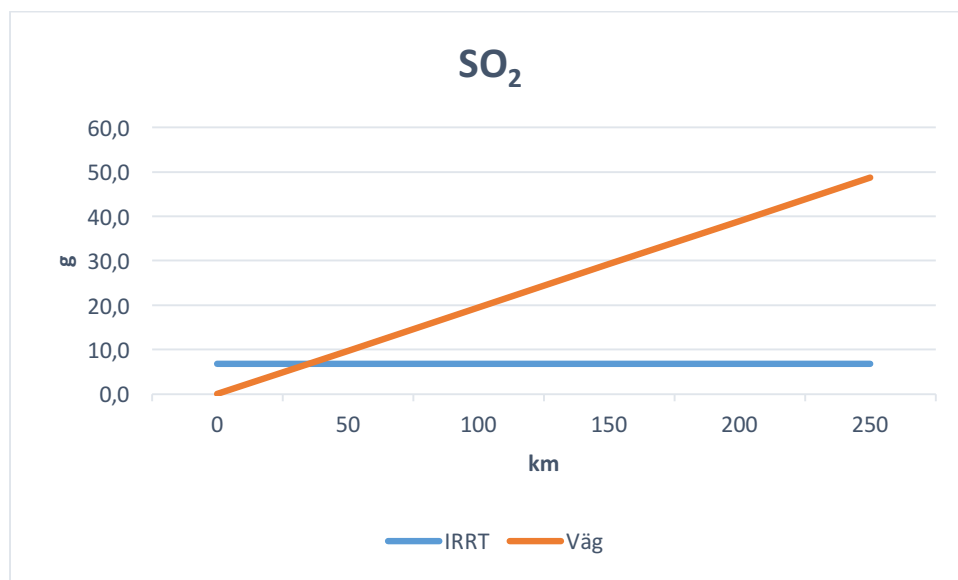
Figur 13 Miljöpåverkan Energi



Figur 14 Miljöpåverkan CO₂



Figur 15 Miljöpåverkan NO_x



Figur 16 Miljöpåverkan SO2

Tabell 4 Break even IRRT och Vägtransport

Miljöpåverkan	Energi	CO ₂ ekv.	NO _x	SO ₂
Break even (km)	187 km	52 km	33 km	36 km

Resultatet av beräkningarna visar på en stor miljöpåverkan vid omlastningar när IRRT används, se bilaga B och bilaga C. Massor som lastats på järnväg har klart lägre miljöpåverkan per kilometer än för motsvarande transport med lastbil. Break even-avstånden och diagrammen visar hur IRRT och lastbilstransporter skiljer sig ifrån varandra och hur avståndet påverkar vilken metod som har lägst miljöpåverkan. Ur diagrammen kan det utläsas att IRRT har en lägre miljöpåverkan än lastbilstransporter när avstånden ökar. Den initiala skillnaden är störst för åtgången av energi, detta orsakar att break even uppstår efter längre sträcka än de övriga kategorierna.

4.3 Ekonomi

Tabell 5 visar kostnadsuträkning för deponering och transport av torra samt blöta massor i Göteborg. Medelvärden av priserna har räknats ut ifrån Tabell 1 som presenteras i kapitel 3 och sammanställs i tabell 5.

Tabell 5 Deponeringskostnader

Föroreningsgrad	Kostnad torra massor	Kostnad blöta massor
< KM	80 kr/ton	130 kr/ton
KM - MKM	175 kr/ton	-

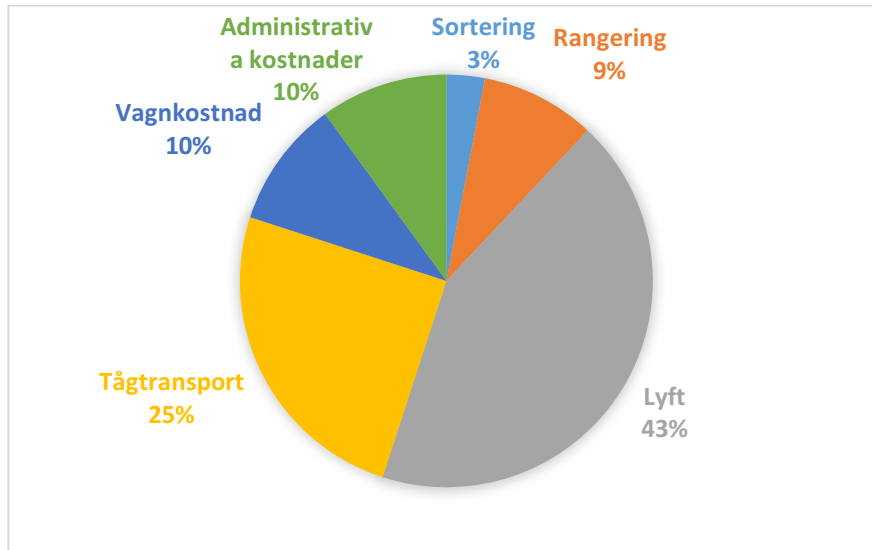
I diagrammen i figur 18 och figur 19 nedan är KM och KM-MKM torra massor och BLÖTA är blöta massor kategoriserade i kategorin < KM. Det som redovisas gällande dessa kategorier i diagrammen är kostnaden per ton för att transportera och deponera massor i Göteborg. I tågkostnaden är det inräknat hyra för 180 stycken 20 fot open top ISO-containrar vilket är 900 kronor per månad och styck. Lastbilstransport mellan arbetsplats och lastplats, vilket är beräknat att det behövs 9 stycken lastbilar under 8 timmar varje dag á 750 kronor per timma. Dessa lastbilar kan köra tio omlopp per styck och dag, vilket gör att de kan transportera 90 stycken fulla containrar från arbetsplats till lastplats samt 90 stycken tomma containrar från lastplats till arbetsplats³⁴.

Kostnaden för omlastning, tågtransport, rangering av tåg med mera är sekretessbelagt och anges inte precist. En verklig approximativ kostnad är 130 000 kronor för ett omlopp och det används vid uppställning av diagram³⁵. Kostnadsfördelning för detta är som följer och i figur 17:

- Sortering av tåg vid omlastningsterminal: cirka 2-4 %
- Rangering av tåg i Åstorp: cirka 8-10%
- Lyft av containrar på omlastningsterminal (lastbil och tåg): cirka 40-45%
- Tågtransport: cirka 25%
- Vagnkostnad (slitage, underhåll): cirka 5-15%
- Administrativa kostnader: cirka 5-15%

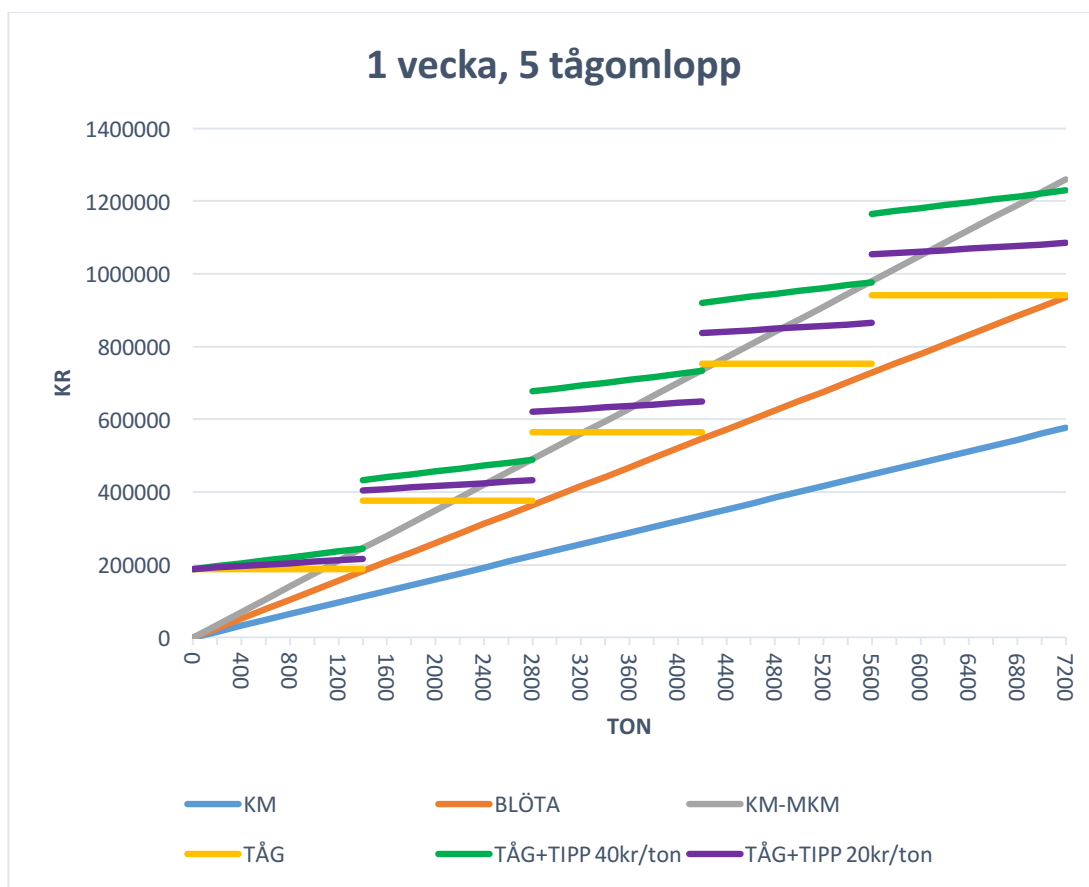
³⁴ Persson 9 maj

³⁵ Brendelius 21 april

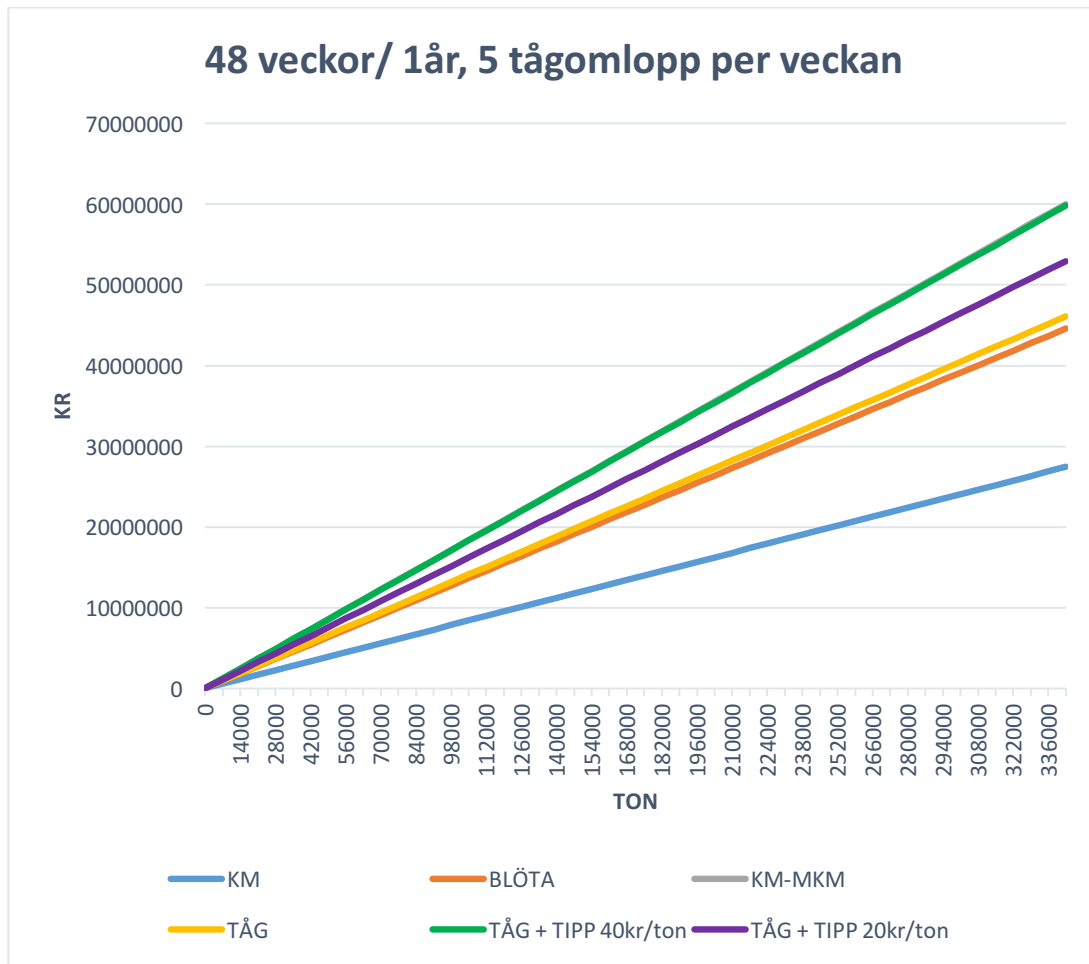


Figur 17 Kostnadsfördelning tågoperatör

Lyft av containrar samt kringarbete i Åstorp är beräknat att ingå i tippavgiften. Tippavgiften är approximativt satt till 20 kronor per ton respektive 40 kronor per ton. Linjerna i figur 18 TÅG, TÅG + TIPP 40kr/ton och TÅG + TIPP 20kr/ton hoppar eftersom transportkostnaderna inom dessa kategorier är fasta för ett omlopp. Ett omlopp kan transportera mellan 0 till 1400 ton schaktmassor.



Figur 18 Diagram 5 tågomlopp



Figur 19 Diagram 1 år

Ur diagrammen i figur 18 och 19 går det att utläsa att deponeringskostnaden för att deponera torra massor under KM och blöta massor är mindre kostsamt att deponera i Göteborg än att frakta med tåg till Åstorp. Att frakta massor från arbetsplats i Göteborg till Åstorp kostar cirka 134 kronor per ton exklusive tippavgift. Detta är beräknat då stor volym av schaktmassor transporteras i kontinuerligt flöde och omlopp om 1400 ton. Kostnaden för att tågoperatören ska hantera omlastning samt tågtransporten är 70 till 90 kronor per ton³⁶. Resterande kostnad av 134 kronor per ton är transport med lastbil arbetsplats till lastplats samt hyra av containrar.

Tabell 6 Kostnader deponera massor Göteborg och Åstorp

Föroreningsgrad	Kostnad transport + tippavgift torra massor i Göteborg	Kostnad transport + tippavgift blöta massor i Göteborg	Kostnad tågtransport till Åstorp exklusive tippavgift
< KM	80 kr/ton	130 kr/ton	134 kr/ton
KM - MKM	175 kr/ton	-	134 kr/ton

³⁶ Brendelius 21 april

5 Diskussion

I detta kapitel diskuteras och vävs kapitel 2 Teori, kapitel 3 Förutsättningar och kapitel 4 Fallstudie IRRT ihop för att kunna dra slutsatser. De generella och viktigaste slutsatserna grundar sig i detta kapitel och presenteras i kapitel 6 Slutsats.

5.1 Lastbärare och transport till lastplats

I kapitel 3 presenteras det att tågagnar med ISO-fästen är vanliga i Sverige och att det finns ett stort utbud av dessa. Det innebär lägre kostnader för dessa vagnar samt en möjlighet att byta vagn om till exempel skador uppstår. Tågagnar som är gjorda för transport av lastväxlarflak är ovanliga³⁷ och möjligheten att transportera stora mängder massor med denna metod anses begränsad. Fördelen är möjlighet att bibehålla den idag vanligaste metoden samt befintlig utrustning, där stor erfarenhet finns i branschen. På grund av lastbärarens utformning blir tippning av massor enklare än för de andra lastbärarna som specificeras i kapitel 3. I kapitel 3 presenteras också lyftdumpercontainrar. Fördelar med denna är låga kostnader för reparationer och möjligheten att stapla lastbärarna.

ISO-containern rymmer större volymer schaktmassor än de andra alternativen som presenteras i kapitel 3. Den standardiserade utformningen av fästen för att lyfta och säkra containrarna på lastbil och tågagn gör att lyftproceduren och transporten av containrarna blir snabbare och effektivare, det möjliggör även lyft med olika metoder och utrustning. Nackdelen är svårigheten att tippa massor ur dessa containrar, metoder för detta kan behöva testas innan fullskalig transport inleds. En vägning mellan lastbärarna i kapitel 3 ger att ISO-containern är den lämpligaste lastbäraren och den mest kostnadseffektiva lösningen.

För att transportera containrarna till omlastningsterminalen kan de max lastas med 15 till 16 ton massor. Detta på grund av begränsningar för den typen av lastbil som används för transporter mellan arbetsplatser och omlastningsterminal. Begränsningen på lastbilar gör att 4 till 5 ton inte fylls i varje container. På ett fullt tågset förväntas 90 containrar lastas, vilket gör att det totalt kan transporteras mellan 360 till 450 ton mer per tågset. Minskningen av vikt ger endast en marginell minskning av kostnaderna för tågtransporten, däremot kvarstår andra avgifter för lyft, rangering och liknande. Kostnaden per ton transporterade massor ökar därför avsevärt. För att lasta mer massor i containrar kan andra typer av lastbilar användas, men dessa är ovanliga och dyra eller anses som svårmanövrerade i stadsmiljö. Lastbil med släp kräver även en omsortering av släpet vilket är tidskrävande och ökar kostnaderna³⁸. Alternativt kan ett arbetssätt användas där massor körs till omlastningsterminal och tippas på en upplagsplats, därefter fyller en hjullastare containrarna innan de lastas på tåget. Detta skapar dock ett behov av upplagsyta och personal på omlastningsplatsen, vilket inte anses genomförbart vid omlastning på en plats Skanska själv inte styr över. Används en omlastningsplats som Vikans Kross, där Skanska redan har personal, kan en arbetsmetod likt denna vara passande.

³⁷ Brendelius 21 april

³⁸ Persson 9 maj

5.2 Lastplatser

De specificerade platserna som presenteras i kapitel 3 kan användas som lastplatser. Lastplatserna Vikans kross och Sävenäs, har idag inte någon form av verksamhet för distribution av varor och Skanska kan styra över platserna själv. Detta medför att det går att styra över flöde och precision på ankommande och avgående tåg. Det finns även en möjlighet för Skanska att använda sin egen personal och maskineri för lastning och lossning av tågen vilket kan medföra fördelar för företaget. Nackdelar med dessa platser är att det behövs en upphandlingsprocess med personal, maskiner och markägare samt att det krävs erfarenhet av lastning och lossning inom företaget. Dessa platser kan tyckas vara mest lämpade om en tågoperatör används som inte äger eller opererar egna omlastningsterminaler i Göteborg.

Lastplats Gullbergsvass är en fullt utvecklad kombiterminal som opereras av Green Cargo. Green Cargo har stor erfarenhet inom omlastning av lastbärare och ett välutvecklat system för effektiv omlastning. Det kan medföra att processen går fortare än om Skanska styr över platsen själv, likt Vikans kross eller Sävenäs. Nackdelar med Gullbergsvass tycks vara att Skanska är mer bundna till flöde och precision på grund av kontrakt med Green Cargo. Detta kan vara problematiskt om ett hinder sker på arbetsplatsen som inte möjliggör schaktning av massor i samma takt som specificerat i kontrakt. Om Green Cargo används som tågoperatör kan omlastning och förvaring av lastbärare ingå i upphandlingen vilket möjliggör fördelar för båda parter.

Lastplats Skandiahamnen är en fullt utvecklad terminal som opereras av tre olika terminaloperatörer. Likt lastplats Gullbergsvass finns det stor erfarenhet av omlastning av lastbärare och ett välutvecklat system för effektiv omlastning.

Nackdelar finns likt Gullbergsvass att Skanska är bundna till ett kontrakt gällande flöde och precision vilket kan bli ett hinder för Skanska likt ovan. Skandiahamnens terminalbolag har fasta tariffer (se bilaga I) för uppställning och lyft av lastbärare vilket kan medföra en smidig upphandling, framförallt vid mindre projekt där det inte ska transporteras stora mängder massor.

Detta betyder att det inte finns en lastplats som är optimal för lastning av tåg, utan det beror på position av arbetsplats, storlek på projekt och vilken tågoperatör som används.

5.3 Järnväg

För järnvägstransporter väljs transportväg efter längd och kapacitetsbegränsningar på spåren vilket presenteras i kapitel 3. Detta i kombination med figur 9, tåglägesavgifter 2016, ger tågoperatören en prisbild över en tågsträcka. I kapitel 3 presenteras det att utnyttjandegraden av Sveriges järnvägar är mycket hög vilket leder till kapacitetsbegränsningar. Det orsakar att kostnaden för tåglägen på Sveriges järnväg är kostsamma. Samtidigt presenteras det i kapitel 2 att Sverige strävar efter att gå ifrån vägtransporter till mer hållbara transporter som tåg. Om järnvägen är överbelastad samtidigt som det finns en vilja ifrån politiker att skapa ett mer hållbart sätt att transportera varor på inom Sverige, måste utbyggnad av järnvägen vara en lösning. En utbyggnad borde resultera i mindre belastning av järnvägen vilket driver ned priserna på tåglägen och fler sträckor i figur 9 som presenteras i kapitel 3 borde bli kategori bas. En utbyggnad av järnvägen borde även resultera i att fler sträckor av Sveriges järnväg blir efter dagens standard och därmed skulle kategori bas bli den billigaste transportvägen att nyttja. Om denna utbyggnad sker borde kostnaden för

tågtransporter av schaktmassor bli billigare. Ett strukturerat arbetssätt gällande tågtransport samt ett mottagningskoncept vid tåkten borde då resultera i fördelar.

5.4 Avlastning mottagningsplats

Vid mottagningsplatsen finns behov av den utrustning som presenteras i kapitel 3. Vid de tillfällen när mottagningsplatsen inte ligger i nära anslutning till återfyllnadsplatsen bör en arbetsgång för transport mellan järnvägsspår och återfyllnadsplatsen behandlas. Transporten kan ske likt fallet i kapitel 4 där lastbärare transporteras mellan arbetsplats och lastplats med lastbil. Vilket kan ske likadant då mottagningsplatsen inte ligger vid tåkten, att lastbärare transporteras med lastbil ifrån mottagningsplats till tåkt. Det medför en extra omlastning och transport som påverkar kostnader och miljöpåverkan. Arbetet att lossa tåg eller lastbil vid tåkten antas ingå i tippavgiften vid tåkten, för att möjliggöra en smidig arbetsgång vid tåkten, vilket möjliggör för tåkten att använda sina egna maskiner och personal. På sådant sätt behöver inte personal och maskineri vid tåkten bytas, om det blir förändring inom vilket projekt som transporterar massor till tåkten. Detta möjliggör även för tåkten att kunna ta emot massor ifrån andra företag och därmed vara ett affärskoncept.

5.5 Risker

För hela transportkedjan från arbetsplats till mottagningsplats finns det ett flertal olika risker som kan göra att transporten inte är genomförbar eller försvåras. Täkter kan ha problem med att få tillstånd från Mark- och miljödomstolen att ta emot schaktmassor vilket presenteras i kapitel 3. Det kan till exempel bero på att tåkten ligger nära inpå en reservvattentåkt. Om tillståndet inte beviljas behövs det vidare undersökning för möjliga åtgärder för att kunna få ett beviljat tillstånd. En sådan åtgärd kan till exempel vara att använda sig av en bentonitmatta. Bentonitmattan läggs i botten av tåkten som en skyddsduk mot grundvattnet, vilket betyder att farliga ämnen inte kan lakas ut ur jordmassorna och spridas till grundvattnet³⁹.

Problem som kan uppstå med järnvägen gällande kapacitetsbegränsningar och tekniska problem som presenteras i kapitel 3 kan leda till att det blir förseningar för tågtransporterna. Vid upphandlingstillfället med tågoperatör bör detta tas i beaktande och alternativa lösningar kan behövas undersökas. En sådan lösning kan till exempel vara att tågoperatören tillhandahåller uppställningsyta för lastbärare som mellanlager om förseningar för tågtransporten skulle uppstå. När tågen kan betjäna rälsen igen får tågoperatören sätta in ett extra tågset tills transporten av schaktmassorna ligger i fas igen. Med detta betonas att det finns ett antal risker och problem som kan uppstå för transporten som måste behandlas och undersökas vidare.

5.6 Miljö

Skilnaderna i miljöpåverkan är markanta vid en jämförelse mellan IRRT och lastbilstransporter på väg vilket redovisas i beräkningar i kapitel 4.

Resultatet av beräkningarna visar på en stor miljöpåverkan vid omlastning när IRRT används, främst i nyttjandet av energi. Energiåtgången är den enda miljöfaktorn där ett längre transportavstånd krävs för att uppnå break even. Energin som utnyttjas för

³⁹ Nilsson 27 april

att lasta och lossa, samt energin vid den initiala lastbilstransporten, kommer från förbränning av fossila bränslen. Detta bidrar till utsläpp av miljöpåverkande ämnen. När massorna lastats på tåget har järnväg klart lägre miljöpåverkan per kilometer än motsvarande transport med lastbil. Tågets lägre miljöpåverkan tycks grunda sig i att svenska järnvägar till största delen drivs på förnybar el (Hellberg 2016), vilket gör att nästan ingen förbränning av fossila bränslen är nödvändig, miljöpåverkan av den delen av energitnyttjandet är lågt och kan eventuellt bortses ifrån helt. Beräkningarna överensstämmer med vad som konstaterats av litteraturstudien i kapitel 2. Där står det att en förändring ifrån lastbil till IRRT minskar utsläppen av växthusgaser med 85 procent och luftföroreningar med 51 procent, liknande tendenser kan ses i den utveckling som sker i diagrammen i kapitel 4. Vid utformandet av transportkedjor bör antalet omlastningar minimeras. En möjlig lösning är att lastbäraren lyfts direkt från lastbil till tåg, det minskar antalet lyft och även miljöpåverkan.

De beräkningar angivna i kapitel 4 baseras på att spåren är utformade på ett sådant sätt att hela tågset kan användas och att banan är elektrifierad. Om det inte är så, kommer behovet av diesellok som drar vagnarna att göra att miljöpåverkan ökar. Är stickspåren kortare än 650 meter behöver vagnarna även rangeras, vilket påverkar miljöpåverkan negativt. Detta är fallet för Åstorp idag, en möjlig lösning kan vara att investera för att bygga längre stickspår. Stickspårlängd diskuteras vidare i kapitel 5. Miljöberäkningsverktyget behandlar inte trängsel, buller och slitage. Vad effekterna blir för dessa parametrar vid ökat användande av IRRT är svårt att förutsäga. Vid användning av Gullbergsvass som lastplats skulle en ökad lastbilstrafik runt Gullbergsvass och Göteborgs Centralstation sannolikt uppstå, med ökad trängsel och buller i centrala delar av Göteborg som konsekvens. Arbetsplatsernas geografiska läge kan även påverka om trafiken över Göta älv ökas eller minskas, beroende på var alternativ deponering kan ske. Den ökning av trängsel på 26 procent som presenteras i kapitel 2 blir troligtvis inte så stor, då de arbetsplatser som diskuteras i detta arbete ligger i centrum. Ett behov av lastbilstransporter i och genom centrala Göteborg kommer i vissa fall vara nödvändigt även om IRRT inte används. Det kan även diskuteras om transport på natten är en möjlig lösning för att minska trängsel. Sett endast till utsläppsmängder är de miljömässiga fördelarna med IRRT uppenbara vid transportsträckor som sträcker sig utanför staden.

Utvecklingen av bränslen går mot mindre utsläpp av koldioxidekvivalenter. Om en sträcka körs med nyutvecklat HVO diesel kan utsläppen från en lastbilstransport minska med 8 gånger mot om traditionell MK1 diesel används⁴⁰, se bilaga J. Om HVO diesel används vid omlastning borde även denna miljöpåverkan kunna minskas med motsvarande nivå. Om HVO diesel används vid transport ifrån arbetsplats till lastplats och vid omlastningen borde utsläppen av koldioxid ekvivalenter i Figur 14 kapitel 4 gå ned drastiskt för båda kategorierna IRRT och Väg.

5.7 Hinder för kostnadskalkyler från tågoperatörer

I kapitel 2 presenteras det att många upplever järnvägen som ett stelt system där det är svårt att göra ändringar i en transport och att risken för förseningar är stor. Vidare presenteras det att näringslivet har ett stort intresse för att använda alternativa transportsätt. Ett hinder för detta är att transportköpare upplever det svårt att få priser och kontakt med tågoperatörer. Enligt Jacob Brendelius tycks den upplevda bristen av

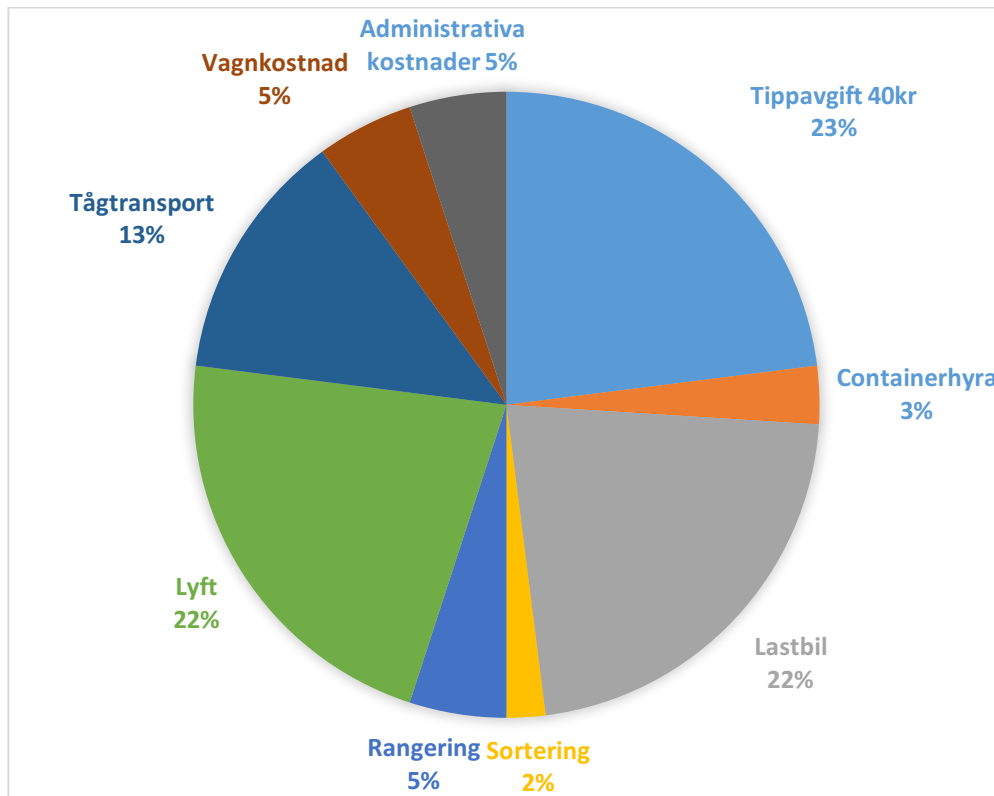
⁴⁰ Persson 9 maj

service från tågoperatörer grunda sig i att branschen inte anpassat sig från de arbetssätt som etablerades av SJ godstrafik. Där användes till stora delar indexerade värden och schabloner från olika tabeller för att ta fram pris, resultatet blev ofta för höga priser eller svårigheter att anpassa sig till nya transportlösningar⁴¹. Vid utförande av detta arbete har det även upplevts som svårt att få kontakt med tågoperatörer och prisuppgifter för transporter. En bidragande faktor till detta kan vara att mycket av tågoperatörernas kalkyler och priser är sekretessbelagda, vilket betyder att de endast vill ge ut begränsad information som grund till detta arbete. Även logistiker på Skanska har haft svårt att få in priser för transporter av gods som inte är av standardiserade mått och är lätta att transportera. Det kan diskuteras om branschen inom godstågstrafik inte är tillräckligt vinstdrivande och att det därav är svårt för godstågsföretag att konkurrera med andra transportsätt. Detta kan grunda sig i att Sveriges järnvägsnät är eftersatt i underhåll och utbyggnad. Vilket betyder att det är svårt och dyrt att få tåglägen. Det kan även diskuteras om det beror på att transportköpare anser att vägtransporter måste vara 20 procent dyrare än alternativ för att ett byte ska ske, som presenteras i kapitel 2. Detta kan också tyckas bero på att gamla tankesätt som ligger kvar inom branschen likt Jacob Brendelius menar att orsaken är för den upplevda bristen av service ifrån tågoperatörer. Med detta menas att avsaknaden för prissättningar på godstransporter inte enbart ligger på tågoperatörerna utan att transportköparna måste värdesätta en tågtransport som en vägtransport, samt att politiker måste utveckla Sveriges järnvägssystem till ett mer fördelaktigt system för transporter.

5.8 Kostnader

I kapitel 4 presenteras kostnadsfördelningen av tågtransporten i figur 17. Om denna fördelning sammanställs med diagrammen i figur 18 och figur 19 samt utgår ifrån en tippavgift om 40 kronor per ton blir hela kostnadsfördelning för en deponering av schaktmassor i Åstorp inklusive transport enligt figur 20.

⁴¹ Brendelius 21 april



Figur 20 Diagram kostnadsfördelning deponering Åstorp

De största kostnadsposterna i figur 20 är Tippavgift, Lyft och Lastbil. Dessa posterna är även de poster som går att förhandla till ett bättre pris. Tippavgiften är ansatt till 40 kronor per ton och kan bli betydligt mycket lägre. Lastbilkostnaden är beräknad på en timkostnad om 750 kronor i timmen vilket kan förhandlas ned om ett långsiktigt kontrakt skrivs⁴². Lyftkostnaden ingår i avtal med tågoperatör och är en förhandlingssak då långsiktiga kontrakt skrivs. Ytterligare vill betonas att samtliga kostnader som ligger till grund för figur 20 är beräknade i ovankant. I tabell 7 nedan redovisas mellan vilka kostnadsnivåer varje del av transportkedjan är. Dessa nivåer beror på kapacitetsbegränsningen på lastbil vilket medför att det inte kan transportera fulla tågset om 1800 ton schaktmassor utan 1400 ton schaktmassor. Det vill säga att den lägre nivån baseras på 1800 ton schaktmassor per tågomlopp och den högre på 1400 ton schaktmassor per tågomlopp. Utöver det är även tippavgift approximativt satt till mellan 0 till 40 kronor per ton. Tippavgiften är inte direkt beroende av vikt per tågomlopp.

Tabell 7 Kostnader tågtransport Åstorp

Kostnad transport tåg	Kostnad lastbil	Container hyra	Tippavgift	Totalt
70-90 kr/ton	30-38 kr/ton	4 – 6 kr/ton	0-40 kr/ton	104 – 174 kr/ton

I Stockholmsområdet är det dyrare än i Göteborgsområdet att deponera schaktmassor. I delar av stockholmsregionen kan deponeringskostnaden vara mer än tre gånger så hög som i Göteborg, vilket presenteras i kapitel 3. När Göteborg står inför sin stora

⁴² Persson 9 maj

förändring med flera nya byggnationer som ska äga rum inom en snar framtid tycks det vara svårt att hitta deponeringsställen som kan ta emot de volymerna som krävs. Deponeringsställen blir färre på grund av att befintliga deponier blir fullbetjänta och att de platser som finns kvar inte kan ta emot alla schaktmassor som uppstår vid byggnationerna. Detta kan i framtiden resultera i en ökning av tippavgifterna runt Göteborg på grund av tillgång och efterfrågan principen. Detta styrks även av situationen i Stockholm. Denna situation kan anses ha uppstått när det har blivit en brist på deponeringsställen likt den väntade situationen i Göteborg. Att frakta massor med tåg för att använda massorna som återfyllnad i täkter borde långsiktigt vara en ekonomisk fördel på grund av ökade tippavgifter i Göteborg.

I kapitel 4 går det att utläsa break even för transport med järnväg jämfört med lastbil, där break even är när transport med järnväg påverkar miljön mindre än transport med lastbil. Det som går att utläsa är att break even uppnås efter några mil (30 till 50 kilometer) när det gäller utsläpp av miljöfarliga partiklar däremot är break even för energin efter 187 kilometer. Enligt diskussion under kapitel 5 tycks inte energin vara en lika viktig parameter som utsläppen av de miljöfarliga partiklarna. Därmed bör en transport med järnväg vara miljömässigt försvarbar om det möjliga deponeringsstället för lastbil ligger längre bort än cirka 30 till 50 kilometer. I kapitel 4 presenteras priser och kostnadsberäkningar för transport av schaktmassor ifrån arbetsplats i Göteborg till en mottagningsplats i Åstorp. Dessa beräkningar visar på att ett omlopp om 1400 ton kostar 134 kronor per ton vilket är cirka 188 000 kronor exklusive tippavgift. Detta jämfört mot kostnaden att deponera massor i Göteborg som presenteras i kapitel 3 som är 70 till 90 kronor per ton för under KM, 150 till 200 kronor per ton för KM till MKM och 110 till 150 kronor per ton för blöta massor. Priserna visar på att frakta massorna till Åstorp samt att deponera massorna där ligger inom kostnadsramen för deponi i Göteborg beroende på tippavgiften i Åstorp. I kapitel 4 presenteras figur 18 och figur 19 med tippavgift om 20 kronor per ton respektive 40 kronor per ton, se även tabell 7 ovan. Det visas att om en tippavgift på 40 kronor per ton adderas till kostnaden för transporten blir transport och deponikostnaden i Åstorp 174 kronor per ton vilket är inom spannet för att deponera KM till MKM på deponi i Göteborg. Detta betyder att transportera massor med hjälp av tåg för att använda som återfyllnad i täkter är inom viss mån ekonomiskt gångbart. Om vi väger samman en potentiell ökning av tippavgiften i Göteborg med att Trafikverket ger en indikation på att värdesätta alternativa transportsätt som presenteras i kapitel 3 och med kapitel 4 bör det långsiktigt vara en fördel att transportera massor till en täkt med hjälp av tåg. Detta styrks ytterligare av att Trafikverket under 2017 kommer genomföra en upphandling för transport av överskottsmassor med alternativt transportsätt⁴³.

När täkter inte får eller kan bryta mer material ska täkten återställas inom en viss tid, enligt de avtal som slutits med kommun och landsting. Beroende på vad avtalet säger kan ett behov av massor uppstå. Ligger täkten långt ifrån områden som exploateras eller i delar av Sverige där det är ett underskott av massor kan täkten behöva köpa överskottsmassor vilket kan leda till att en tippavgift uteblir. Täckten kan tänkas behöva betala för att ta emot massor istället. Vissa täkter har budgeterat för en sådan återställning.

⁴³ Johan Bengtsson (Samordnare överskottsmassor, Trafikverket) mailkontakt med författarna den 19 maj 2016.

I kapitel 3 presenteras det att järnvägsspårets egenskaper på mottagningsplatsen och lastplatsen har betydelse för vilket pris tågoperatören sätter för transporten. Om spåret inte har egenskapen 650 meter kan kostnaden bli större för transporten. Beroende på hur mycket massor som ska transporteras och över vilken period kan det vara mer lönsamt att bygga om spåret vid platsen till 650 meter i förhållande till den extra kostnaden för transporten. Det kan då tänkas att kostnaden för denna ombyggnation läggs på tåkten och att dom i sin tur kan justera tippavgiften efter detta. För att bygga elektrifierat tågräls kostar det cirka 50 000 kronor per meter⁴⁴. Det betyder att kostnaden för att bygga om från 300 meter till 650 meter blir cirka 17 500 000 kronor. Om tåkten klarar av att ta emot cirka 17 500 000 ton massor skulle en ombyggnation leda till en väldigt marginell ökning av tippavgiften per ton. Däremot borde tåkten bli mycket mer eftertraktad att anlända till med tåg och mindre kostsamt för projekt att deponera massor vid.

I kapitel 3 presenteras att kostnadsökningen av att transportera med returlast ger en total kostnadsökning om 10 procent. Om det finns ett intresse ifrån Skanskas sida att transportera returmaterial ifrån mottagningsplatsen till lastplatsen kan kostnaden för att transporten fördelas på fler intressenter. Om Vikans kross används som lastplats i Göteborg kan till exempel krossmaterial ifrån täkter transporteras till Göteborg för användning. Det vill säga att projektet som är i behov av att transportera schaktmassor tar halva kostnaden och tillverkningen vid Vikans kross tar andra halvan. Används Vikans kross som lastplats skulle en synergieffekt uppstå genom att returmaterial levereras direkt till krossen. Om inte returlasten sker i samma volym och flöde som schaktningen kan det tänkas att inte varje tågset fylls med returlast. Det går att fördela kostnaden genom att Vikans kross betalar projektet för de turer som dom vill transportera material. Detta är endast möjligt om returlastmaterial kan fraktas i samma containrar som schaktmassorna. Det kan dock vara ett problem att cykeln för avlastning av containrar med schaktmassor ifrån tåget, tömma schaktmassorna, fylla containrar med returlastmaterial och lasta på containrar är för lång. Det vill säga att cykeln tar för lång tid och att tåget inte kan vänta på att containrarna ska fyllas med returlastmaterial innan de behöver köra vidare. I ett sådant fall borde ett ökande av antalet containrar vara en möjlig lösning. Vilket resulterar i att när tåget anländer till mottagningsplatsen står containrar lastade med returlastmaterial på ett mellanlager. Direkt efter att containrarna med schaktmassor lossats ifrån tåget kan containrarna med returlastmaterial lastas på tågagnarna, på ett sådant sätt går det att minimera tiden för tågsetet på mottagningsplatsen. Det tillkommer dock en ökad kostnad av containerhyra eller inköp som ska fördelas. Denna kostnad kan fördelas likt kostnaden för transporten som diskuteras ovan. Med detta sagt borde en returlast av material vara en ekonomisk fördel för Skanska som helhet.

⁴⁴ Nilsson 27 april

6 Slutsats

Arbetet har undersökt möjligheter att transportera schaktmassor med hjälp av godståg till täkter för återställning. Kostnader och miljöpåverkan har jämförts mot det traditionella sättet att deponera schaktmassor, vilket är transport med lastbil till närmaste deponi. Det har visat sig att en transport med tåg och deponering av schaktmassor vid täkter är möjlig om vissa parametrar är uppfyllda. Om så är fallet, kan transporten vara både ekonomiskt och miljömässigt motiverad.

Lastbäraren måste vara i en sådan utformning att den kan transporteras på tåg. Det vill säga att den har standardiserad fästanordning. Arbetet har tagit slutsatsen att open top 20 fot ISO-containerar är den mest lämpade lastbäraren att frakta schaktmassor i, detta eftersom ISO-typen av fästanordning är mycket vanlig på tåg samt lastbil. Open top 20 fot ISO-container är även volymeffektiv det vill säga att den rymmer en stor volym i förhållande till hur mycket plats den tar upp på tåg respektive lastbil.

Lasplatsen där lastbäraren lastas på tåg bör vara utformad på sådant sätt att det finns uppställningsyta för lastbärare samt en god möjlighet för truckar att lyfta lastbärare på ett smidigt sätt. På lastplatsen måste det finnas ett järnvägsspår in på platsen där tågvagnar kan stå uppställda för lastning. Utifrån de lastplatser som specificeras i kapitel 3 har det inte kunnat dras slutsatser om vilken som är mest lämpad. Detta eftersom olika lastplatser lämpar sig för olika förutsättningar gällande bland annat volym av schaktmassor, tågoperatör, returlast. För vidare information se diskussion kapitel 5.

Flödet och volymen av schaktmassor måste vara konstant samt av en sådan storlek att hela tågset kan nyttjas för att en transport med tåg ska vara ekonomiskt gångbar. Ett tågset kan frakta 90 stycken open top 20 fot ISO-containerar, om SSGNS tågvagnar används, som max kan hantera 1800 ton schaktmassor. I kapitel 4 visas att en fyllnadsmängd på 1400 ton schaktmassor är gångbar. Därav går det att dra slutsatsen att om volym och flöde hanteras så att 90 stycken containerar fylls och fraktas på tåg är transporten ekonomiskt gångbar.

De miljömässiga undersökningar och beräkningar som har utträttats i arbetet visar på att en transport av schaktmassor med hjälp av IRRT är miljömässigt försvarbart. Jämförelser mot att enbart transportera med lastbil visar på att IRRT har tendenser att minska utsläppen av växthusgaser med cirka 85 procent och luftföroreningar med 50 procent om transporten sker över ett avstånd som i kapitel 4.

De ekonomiska undersökningar och beräkningar som har utträttats i arbetet visar en indikation på lönsamhet att frakta massor för deponi vid täkter. Tågtransportkostnaden är 70 till 90 kronor per ton utöver den tillkommer transportkostnad för lastbil ifrån arbetsplats till omlastningsterminal för tåg samt hyra av containerar. I kapitel 4 har beräkningar visat att en totalt kostnad för containerhyra, lastbilstransport samt tågtransport är 134 kronor per ton exklusive tippavgift. Slutsatsen av detta är att schaktmassor i föroreningsgrader KM till MKM och uppåt ifrån Göteborg är ekonomiskt gångbara att frakta och deponera vid täkter. Om schaktmassor istället kommer ifrån Stockholm kan massor med lägre föroreningsgrad vara ekonomiskt gångbart att frakta, detta eftersom deponeringskostnaderna i

Stockholmsområdet är högre än i Göteborg. Utifrån detta går det att konstatera att ur ett långsiktigt ekonomiskt perspektiv kommer det även gå att transportera massor ifrån Göteborg med lägre föroreningsgrader samt blöta massor. Om returlast adderas som diskuteras i kapitel 5 kommer kronor per ton kostnaden att minska drastiskt, upp emot 50 procent. Med det kan slutsatsen tas att om returlast implementeras är en transport av rena massor ifrån Göteborg ekonomiskt gångbar idag.

7 Fortsatta studier

Efter slutfört arbete föreslås fortsatta studier inom vissa områden som specificeras nedan. Dessa områden anses behövas vidare undersökningar eftersom att det finns stora möjligheter att hitta miljömässig och ekonomisk fördel med dessa.

Returlast

Returlast som diskuteras i arbetet behöver undersökas vidare för att kunna ställa upp ekonomiska beräkningar. Det behöver undersökas hur stort intresset är av returlast material och hur arbetsgången kan se ut för att transportera returlast materialet med hjälp av IRRT. Samt vad de ekonomiska fördelarna blir i slutändan för att använda sig av returlast.

Arbetsmetod på arbetsplats

Undersökningar om hur schaktmassor tas upp och lastas på containrar på ett så effektivt sätt som möjligt. Samt hur arbetsmetod bör se ut om schaktmassor är mycket blöta.

Arbetsmetod vid täkt

Vidare undersökningar om hur lastbärare töms och görs rent på ett effektivt sätt behöver utvärderas. Tester att fylla containrar med schaktmassor och sedan metod för tömning behöver utredas innan fullskalig transport kan påbörjas.

Transportkedja båt

Undersökning av en intermodal transportkedja där båt används i samspel med lastbil. Denna transportmetod kan vara lämplig vid arbetsplatser som har förutsättningen att lasta schaktmassorna direkt på en båt och sedan transportera schaktmassorna ifrån havet till en täkt med hjälp av lastbil.

8 Referenser

- Ahlström, A. (2011) *Omkonstruktion av lastväxlare Livab*. Uppsala: Uppsala universitet. (Examensarbete för Teknisk- naturvetenskaplig fakultet UTH-enheten).
- Alvsborgsregionen. (2016) *terminaltariff 2016*. <http://alvsborgsregionen.se> (2016-05-18)
- Alwex (2016) *Containertyper och behållare*.
http://www.alwex.se/container_behallare (2016-03-29)
- Andersson-Sköld, Y. (2014) Dumpning av land- och muddermassor till havs. *Emove*.
<http://www.emove-project.eu/publications/g%C3%B6ta-%C3%A4lv> (2016-04-05)
- Behrends, S. (2011) *Urban freight transport sustainability*. Doktorsavhandling vid Chalmers tekniska Universitet, serie nr: 3308
- Behrends, S. (2012) The significance of the urban context for the sustainability performance of intermodal road-rail transport. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, vol. 54, ss. 375-386. DOI: 10.1016/j.sbspro.2012.09.757
- BFAB (2016) Grus- och schaktelit 2.0. <http://www.bfab.nu/openpage.asp?id=3332> (2016-03-21)
- Bohlin, M. Lundberg, S. (2013) Hur kan vi utveckla mer miljöanpassad godstransporter? *Tillväxtverket*.
http://www.tillvaxtverket.se/download/18.32e88512143a838073919fb/1443039804421/Milj%C3%B6anpassade+godstransporter_WSP.pdf (2016-03-15).
- Bärthel, F. (2008) Appendix till Nationell Godsanalys. *Trafikverket*.
<http://www.trafikverket.se> (2016-03-20)
- Börjesson, J. (2014) Omlastningsterminal i Göteborg. *Green Cargo*.
<http://www.greencargo.com>. (2016-03-21).
- Carmbrant, C. (2016) Ja till dumpning av lermassa i Hake fjord. *Göteborgs-posten*, 11 januari.
- Containerhandel (2015A) Allt om Containers. *Containerhandel*.
<http://www.containerhandel.se/allt-om-containers> (2016-03-23)
- Containerhandel (2015B) Open top Container 20". *Containerhandel*.
<http://www.containerhandel.se/containersoritiment/86-open-top-containers/31-open-top-container-20-ot> (2016-04-25)
- Fries, N. Stefanie, H. (2014) LCA of land-based freight transportation: facilitating practical application and including accidents in LCIA. *The international journal of life cycle assessment*, vol. 19, nr 3, ss. 546-557. DOI: 10.1007/s11367-013-0657-2
- Fröidh, O. (2013) Godstrafik på järnväg. *Regeringen*. <http://www.regeringen.se> (2016-03-29)
- Granbom, H. (2014) *Hantering av schaktmassor med hänsyn till miljömålet "giftfri miljö" och "begränsad miljöpåverkan"*. Uppsala: Uppsala Universitet, SLU. (Examensarbete inom institutionen för mark och miljö).

- Gunnarson, J. (2015) Lermassor stort problem inför 400-årsjubeléet. *Göteborgs-Posten*, 14 december 2015.
- Gustafsson, M. (2016) Lastplats: Sävenäs. *Trafikverket*. <http://webapp.trafikverket.se/lasloweb/>. (2016-03-21)
- Green Cargo. (2014A) SGNSS-V. *Greencargo*. <http://www.greencargo.com/sv/godsvagnshandboken/intermodala-vagnar/s-intermodala-vagnar/sgnss-v/> (2016-04-05)
- Green Cargo. (2014B) SSGNS. *Greencargo*. <http://www.greencargo.com/sv/godsvagnshandboken/intermodala-vagnar/s-intermodala-vagnar/sgnss/> (2016-05-11)
- Göteborgs hamn (2014) Om Göteborgs Hamn. *goteborgshamn.se* <http://www.goteborgshamn.se/Om-hamnen/Om-Goteborgs-Hamn-AB1/Om-hamnen/>. (2016-04-04)
- Göteborgs hamn (2016) *Våra tjänster*. <http://www.goteborgshamn.se/Vara-tjanster/> (2016-04-18)
- Havs och Vatten myndigheten (2014) *Dumpning*. <http://www.havochvatten.se> (2016-03-01)
- Hellberg, A. (2016) Eftersatt järnvägsunderhåll slår undan fötterna på jobb och näringsliv, *Aktuell hållbarhet*, 8 april. <http://www.aktuellhallbarhet.se>
- Heljedal, M. (2013) *Factors Influencing the Choice between Road and Multimodal Transportation*. Linköping: LiU Tryck (LiU rapport: 1635)
- Inrets (2000) IQ-Intermodal quality. *Transport research & Innovation Portal*. <http://www.transport-research.info>. (2016-03-25)
- Larsson, R. (2008) Jords egenskaper. 5:e upplagan. *Statens Geotekniska Institut*. <http://www.swedgeo.se>. (2016-03-21)
- Lindmark, M. (2010) *Effektiva Godstransporter – Kartläggning av bakomliggande faktorer på transporters utförande*. Uppsala: Uppsala Universitet. (Examensarbete inom institutionen för energi och teknik).
- Länsstyrelsen Västmanlands län. (2016) *Naturgrustäcker – Att tänka på vid efterbehandling*
- Länsstyrelsen Västra Götalands Län. (2013) *Hantering av massor – kort information om olika hanteringssätt*
- Länsstyrelsen Västra Götalands Län. (2016) *Dumpning av muddermassor*. <http://www.lansstyrelsen.se>. (2016-03-30)
- Mácsik, J. Lundberg, G. Pentti, L. Håøya, A-O. (2011) Lönsam förädling av schaktmassor. *Stadsbyggnad*, nr. 4, 2011, ss. 12.
- Miljösamverkan Västra Götaland (2014) På gång på länsstyrelsen. *Miljösamverkan Västra Götaland*. Chefsmöte2-3okt14_5_Länsstyrelsen-miljöchefsträffen-okt2014.pdf. (2016-03-25)

Miljösamverkan Västra Götaland, Miljösamverkan Värmland (2010) Hantering av schaktmassor – Tillsynshantering. *Länsstyrelserna*.
<http://www.lansstyrelsen.se/upsala/SiteCollectionDocuments/Sv/miljo-och-klimat/verksamheter-med-miljopaverkan/avfall/Tillsynshandledning-massor-2010-definitiv.pdf>. (2016-03-25)

Moralisk risk. (2016) I *Nationalencyklopedin*. <http://www.ne.se> (2016-03-21).

Naturvårdsverket (2015A) *Miljö kvalitetsmålen*, <http://www.naturvardsverket.se> (2016-03-17)

Naturvårdsverket (2015B) *Transporter och trafik*. <http://www.naturvardsverket.se> (2016-04-20)

Naturvårdsverket (2015C) *Riktvärden för förorenad mark*.
<http://www.naturvardsverket.se> (2016-05-18)

Olsson, H. Spängs, T. (2014) Sveriges dåliga järnvägar kostar industrin miljarder. *Dagens Nyheter*. 18 januari.

Preem (2015) *klimatprestanda för Preems drivmedelsprodukter*. <http://preem.se> (2016-05-18).

Rong, C. Wang, Y. (2008) How do Intermediaries Affect the Economic Organization of Intermodal Freight Transport? *Service Operations and Logistics, and Informatics*. Vol. 2, ss. 2269 – 2272. DOI: 10.1109/SOLI.2008.4682913

Skånsk makadam (2010) *Järnvägsnätsbeskrivning*

Sveriges Domstolar (2016) *Mark- och miljödomstol*. <http://www.domstol.se>. (2016-03-16).

Sweco (2015) Miljöbeskrivning, Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Pölsebo-Skandiahallen. *Trafikverket*. <http://www.trafikverket.se>. (2016-04-04)

Sweco Environment AB (2015). Miljökonsekvensbeskrivning, Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg-Pölsebo. Rev A. *Trafikverket*. <http://www.trafikverket.se>. (2016-04-04)

Sveriges Geotekniska Förening. (2016) Carbon footprint från efterbehandling och andra markarbeten. *SGF*. <http://www.sgffmark.se/> (2016-04-15)

Tekniskaverken 2015 *Containeruthyrning*. <http://www.Tekniskaverken.se>. (2016-03-29)

Trafikverket (2011) *Trafikverkets godsstrategi*. Nr 100431, <http://www.trafikverket.se>. (2016-04-01)

Trafikanalys (2012) *Godstransporter i Sverige. Rapport 2012:7*. <http://www.trafa.se>. (2016-03-24)

Trafikverket (2013A) *Leror från Marieholm blir vadarhav*.
<http://www.trafikverket.se>. (2016-03-30)

Trafikverket (2013B) *Kalkylverktyg – Gröna korridorer*. <http://www.Trafikverket.se>. (2016-04-15)

Trafikverket (2014A) Masshantering. Hantering av överskottsmassor. *Optimass* <http://www.optimass.se/wp-content/uploads/2014/12/4.-141202-Masshantering-Trafikverket-Johan-Bengtsson-TrV.pdf>. (2016-03-21)

Trafikverket (2014B) *Underlagsrapport förorenad mark, E45 delen Lilla Bommen – Marieholm*. <http://www.trafikverket.se>. (2016-04-20)

Trafikverket (2014C) *Tåglägesavgift 2016*. <http://www.trafikverket.se>. (2016-05-11)

Trafikverket (2015A) *Masshantering*. <http://www.trafikverket.se>. (2016-03-21)

Trafikverket (2015B) *Så sköter vi järnvägar*. <http://www.trafikverket.se>. (2016-04-04)

Trafikverket (2015C) *Marieholmsförbindelsen*. <http://www.trafikverket.se>. (2016-04-04)

Trafikverket (2016) *Järnvägens kapacitet 2015*. <http://www.trafikverket.se>. (2016-03-29)

TT (2013) Mera muddermassor får dumpas i havet. Svenska dagbladet, 27 maj.

TT (2017) Rekordmånga arbetsdagar 2016. Svenska dagbladet, 6 jan.

Törnquist, J. (2003) *Computer-based decision support for handling uncertainty in railway traffic and transportation*. Karlskrona: Kaserstryckeriet

Wingmalm, A. (2011) *Göteborg Kombiterminal*. <http://www.jernhusen.se/Foretag/gods-kombiterminaler/Goteborg/> (2016-03-21)

ÅF Infrastructure AB 2015. *Samrådshandling, E6.21 Lundbyleden, delen Brantingsmotet – Ringömotet*. <http://www.trafikverket.se>. (2016-04-04)

Bildkällor

Figur försättsblad: Wilson, D. (2003) 20030531 22 CN Gateway Intermodal Terminal, Harvey, IL. [Elektronisk bild] <https://flic.kr/p/9TQuir> [Åtkomst 2016-04-20]. Bilden är beskuren upptill. (CC BY)

Figur 1: Lastväxlarflak [Fotografi av författarna]

Figur 2: [20 fot container, bilden är beskuren] n.d. [Elektronisk bild] http://www.greencargo.com/globalassets/godsvagnsguiden/intermodala-vagnar/sgnss_gc_cont.jpg [Åtkomst: 2016-05-11].

Figur 3: Liftdumpercontainer [Fotografi av författarna].

Figur 4: Google Maps (2016A). [Karta över delar av Göteborg och Sävenäs, bilden är ändrad av författarna]. <https://www.google.se/maps/@57.7194838,12.0311463,13z>. [Åtkomst: 2016-05-01].

Figur 5: Google Maps (2016B). [Karta över delar av Göteborg och Skandiahamnen, bilden är ändrad av författarna]. <https://www.google.se/maps/@57.708389,11.9320977,12z>. [Åtkomst: 2016-05-01].

Figur 6: Google Maps (2016C). [Karta över delar av Göteborg och Gullbergsvass, bilden är ändrad av författarna]. <https://www.google.se/maps/@57.7112318,11.9853127,13z>. [Åtkomst: 2016-05-01].

Figur 7: Google Maps (2016D). [Karta över delar av Göteborg och Vikans Kross, bilden är ändrad av författarna]. <https://www.google.se/maps/@57.7013269,11.921798,13z>. [Åtkomst: 2016-05-01].

Figur 8: Trafikverket (2016) *Järnvägens kapacitet 2015*. <http://www.trafikverket.se>. [Elektroniskbild] [Åtkomst: 2016-03-29]

Figur 9: Trafikverket (2014C) *Tåglägesavgift 2016*. <http://www.trafikverket.se>. [Elektroniskbild] [Åtkomst: 2016-05-11]

Figur 11: [20 fot container] n.d. [Elektronisk bild] http://www.greencargo.com/globalassets/godsvagnsguiden/intermodala-vagnar/sgnss_gc_cont.jpg [Åtkomst: 2016-05-11].

Figur 12: Google Maps (2016E). [Karta över delar av Sydvästra Sverige, bilden är ändrad av författarna]. <https://www.google.se/maps/@56.9301073,13.3115685,8z>. [Åtkomst: 2016-05-01].

Bilagor

Bilaga A: Miljöpåverkan vid olika transportkedjor (Behrends 2012, ss. 380)

380

Sönke Behrends / *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 54 (2012) 375 – 386

long transport distance) the externalities decrease by 44%, while a modal shift in the base case in Germany (fossil-fuel based electricity and short transport distance) increases the externalities by 19%. Hence, the calculations are in line with the general hypothesis that a modal shift only leads to significant reductions of externalities in case of favourable preconditions. However, they also indicate that the improvement potential of a modal shift depends on the urban spatial structure. In case of the alternative terminal location in Hanover the external costs are below the all-road alternative (-5%). The alternative terminal location in Stockholm, however, does not lead to an improvement of the environmental performance (+2% compared to the base case). These differences indicate that a careful analysis is necessary.

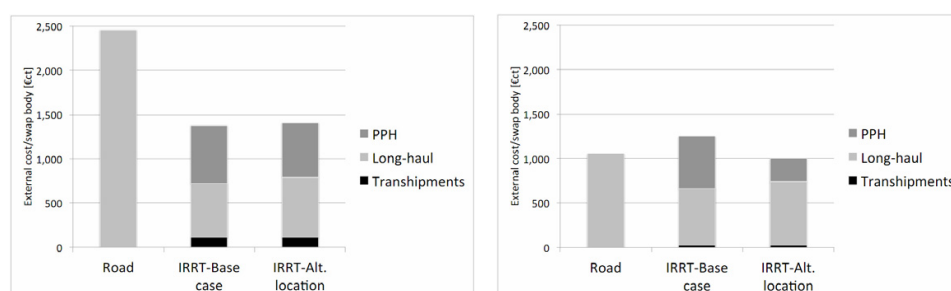


Figure 1. The environmental consequences of a modal shift (a) Sweden (b) Germany

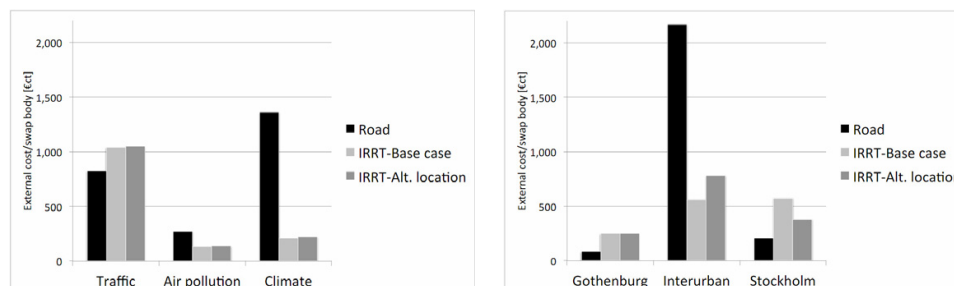


Figure 2. The environmental consequences of a modal shift in Sweden (a) by impact category (b) by region

4.1. The consequences of a modal shift in the Swedish case

In this section, the results for the Swedish case are analysed based on the sustainable transport categories defined in Table 1. "Fossil energy use" is denoted as climate, "Emissions to air" is denoted as *air pollution* and "Infrastructure/traffic" as *traffic*. Figure 2 (a) shows that the significant reductions are mainly achieved in terms of climate impact (-85% compared to all-road) and in air pollution impacts (-51%). These significant reductions are achieved at the cost of increasing traffic impacts (+26%), due to the necessary PPH operations in the origin and destination region, which are longer and less efficient compared to the all-road alternative. Since in the alternative-terminal-scenario the post-haulage distance is longer, the increase in traffic impacts and climate impacts is slightly bigger than in the base case.

Figure 2 (b) shows the results based on the different regions where the transports take place. The big savings of a modal shift occur on the long-haul transport between Gothenburg and Stockholm (-74%). In the cities, on the

Bilaga B: Beräkningar i ”gröna korridorer” av miljöpåverkan vid IRRT

		Obligatoriska uppgifter	
1. Fyll i länklingsvikt per länk och nod		2. Fyll i sträckas lkm per länk	3. Valfri godord/farkost/terminal per länk i rullgardsmeny (källa: Basecat och NTM)
Länk och nod		Sträckas lkm	Transportmedel (källa: NTM)
1	1400	10 km	1400
2	1400	10 km	1400
3	1400	220 km	30000
4	1400	1400 km	30000
5	0	0 km	0
6	0	0 km	0
7	0	0 km	0
8	0	0 km	0
9	0	0 km	0
10	0	0 km	0

Länk och nod	Energy		Global		Resultat med modelldata						Local	
	Energy www Absolut [kWh]	Energy www relativ [%tWh]	GHG www Absolut [kg CO2e]	GHG www relativ [% CO2e tWh]	Regional				Local			
					NO2 tw Absolut [g]	NO2 tw relativ [%tWh]	SO2 tw Absolut [g]	SO2 tw relativ [%tWh]	PM10 tw Absolut [g]	PM10 tw relativ [%tWh]	NMHC tw Absolut [g]	NMHC tw relativ [%tWh]
1	28323	0.20	709	51	3474	0.25	2	0.00	19	0	12	0
2	20394	#DIVISION/0	1478	#DIVISION/0	3971	#DIVISION/0	2	#DIVISION/0	33	#DIVISION/0	22	#DIVISION/0
3	10723	0.08	107	0	0	0.00	0	0.00	0	0	0	0
4	20394	#DIVISION/0	1478	#DIVISION/0	3971	#DIVISION/0	2	#DIVISION/0	33	#DIVISION/0	22	#DIVISION/0
5	0	#DIVISION/0	0	#DIVISION/0	0	#DIVISION/0	0	#DIVISION/0	0	#DIVISION/0	0	#DIVISION/0
6	0	#DIVISION/0	0	#DIVISION/0	0	#DIVISION/0	0	#DIVISION/0	0	#DIVISION/0	0	#DIVISION/0
7	0	#DIVISION/0	0	#DIVISION/0	0	#DIVISION/0	0	#DIVISION/0	0	#DIVISION/0	0	#DIVISION/0
8	0	#DIVISION/0	0	#DIVISION/0	0	#DIVISION/0	0	#DIVISION/0	0	#DIVISION/0	0	#DIVISION/0
9	0	#DIVISION/0	0	#DIVISION/0	0	#DIVISION/0	0	#DIVISION/0	0	#DIVISION/0	0	#DIVISION/0
10	0	#DIVISION/0	0	#DIVISION/0	0	#DIVISION/0	0	#DIVISION/0	0	#DIVISION/0	0	#DIVISION/0
Medelvärdet av alla	5435	0.21	3723	11.7	1415.2	0.01	6.81	0	84.1	0.01	56.5	0.04

Instruktion för användande av Grön korridor beräkningsmodell	
Dessa instruktioner gäller i det fall ni inte har verkliga driftdata och därför använder er av våra modeller som bygger på värden baserade på NTM (www.ntm.se). Följ dessa instruktioner steg för steg.	
Endast de vikt-kolumnerna är för användning.	
1. Bestäm omfattningen av det transportsystemet ni önskar undersöka.	
2. Dela upp transportsystemet i länkar och noder, observera att terminalanläggning ska föras in som en egen nod med sträckan angiven som noll (0). Maximala antalet länkar och noder är i denna modell tio stycken.	
3. För in sändningsvikt (ton) för länk eller nod i beräkningsmodellens D4, vikten måste fyllas för varje länk och nod av systemet.	
4. För in sträckan (km) för länk 1 i beräkningsmodellens D4. Observera att sträckan ska anges till 0 vid terminalanläggning.	
5. I-kolumnen finns en rullgardsmeny. Valfri ur den meny rullgardsmeny som bäst beskriver använt godord/farkost/terminal för er länk 1.	
6. Upprepas steg 3-5 för respektive länk i ert undersökta system.	
7. På rad 30-39 syns nu varje länk och noder enskilda miljöpåverkan i absoluta och relativa tal.	
8. På rad 40 kan ni nu se ert transportsystems totala energipåverkan samt påverkan på miljön på global, regional och lokal nivå.	
GB8! Då många av de tekniska värdena innehåller antaganden bör resultaten ses som ungefärliga. Se till Oskärhet för mer information om detta.	

Ordlista - Kommer kompletteras då frågeställningen uppkommer.	
tw	Watt to wheel
rtw	Truck to wheel

Bilaga C: Beräkningar i ”gröna korridorer” av miljöpåverkan vid IRRT

Obligatoriska uppgifter			
1. Fyll i sandningsvikt per link och nod		2. Fyll i sträcka km per link	
Sandningsvikt (ton)		Sträcka (km)	
1	100	220	Sträcka Grönå
2	0	0	Sträcka Grönå till Skövde
3	0	0	Sträcka Skövde till Lerum SE
4	0	0	Sträcka Lerum till Skövde
5	0	0	Sträcka Lerum till Skövde
6	0	0	Sträcka Lerum till Skövde
7	0	0	Sträcka Lerum till Skövde
8	0	0	Sträcka Lerum till Skövde
9	0	0	Sträcka Lerum till Skövde
10	0	0	Sträcka Lerum till Skövde

Resultat med modelldata													
Energy		Global				Regional				Local			
Link och nod	Energy (w/w Absolute [kWh])	Energy (w/w relative [WtW/km])	GHG (w/w Absolute [kg CO2e])	GHG (w/w relative [kg CO2e/km])	NOx (w/w Absolute [g])	NOx (w/w relative [g/km])	SO2 (w/w Absolute [g])	SO2 (w/w relative [g/km])	PM10 (w/w Absolute [g])	PM10 (w/w relative [g/km])	PM2.5 (w/w Absolute [g])	PM2.5 (w/w relative [g/km])	
1	62113	0.20	15601	51	76429	0.25	43	0.00	408	0	261	0	
2	0	#DIVISION/0!	0	0	0	0	0	0	0	#DIVISION/0!	0	#DIVISION/0!	0
3	0	#DIVISION/0!	0	0	0	0	0	0	0	#DIVISION/0!	0	#DIVISION/0!	0
4	0	#DIVISION/0!	0	0	0	0	0	0	0	#DIVISION/0!	0	#DIVISION/0!	0
5	0	#DIVISION/0!	0	0	0	0	0	0	0	#DIVISION/0!	0	#DIVISION/0!	0
6	0	#DIVISION/0!	0	0	0	0	0	0	0	#DIVISION/0!	0	#DIVISION/0!	0
7	0	#DIVISION/0!	0	0	0	0	0	0	0	#DIVISION/0!	0	#DIVISION/0!	0
8	0	#DIVISION/0!	0	0	0	0	0	0	0	#DIVISION/0!	0	#DIVISION/0!	0
9	0	#DIVISION/0!	0	0	0	0	0	0	0	#DIVISION/0!	0	#DIVISION/0!	0
10	62113	0.20	15601	50.7	76429.2	0.2	42.9	0	408.0	0	260.8	#DIVISION/0!	0.0
Multipliers for totals			15600.8	50.7	76429.2	0.2	42.9	0	408.0	0.0	260.8	#DIVISION/0!	0.0

Instruktion för användande av Gröna korridors beräkningsmodell

Dessa instruktioner gäller i de fall ni inte har verkliga data och därför använder er av våra modelldata som byggs på värden baserade på NTM (www.ntm.se). Följ dessa instruktioner steg för steg. Endast de vita kolumnerna är förändringsbara.

- Bestäm omräkningen av det transportsystemet ni önskar undersöka.
- Bestäm upptransportsystemet (linkar och noder, observera att terminalhantering ska föras in som en egen nod, med sträcka angiven som noll (0). Maximala antalet linkar och noder är i denna modell tio stycken.
- Fyll in sandningsvikt (ton) för link eller nod 1 i beräkningsmodellens D4. Observera att sträcka ska anges till 0 vid terminalhantering.
- Fyll i sträcka (km) för link 1 i beräkningsmodellens E4. Observera att sträcka ska anges till 0 vid terminalhantering.
- I kolumnen finns en nollgärningsmeny. Välj ur den meny för borden/farkost/terminal som bäst beskriver använt fordon/farkost/terminal för er link 1.
- Upprepas steg 3-5 för respektive link i ert undersökta system.
- På rad 30-39 syns nu varje links och noder enskilda miljöpåverkan i absoluta och relativa tal.
- På rad 40 kan ni nu se ert transportsystems totala energiförbrukning samt påverkan på miljön på global, regional och lokal nivå.
- På rad 41 kan ni nu se ert transportsystems totala energiförbrukning samt påverkan på miljön på global, regional och lokal nivå.

GBS! Då många av de bakomliggande värdena innehåller antaganden bör resultatet ses som ungefärligt. Se lik Oskärhet för mer information om detta.

Ordlista - Kommer kompletteras då frågeställningar uppkommer.

WtW - Well to wheel

TTW - Tank to wheel

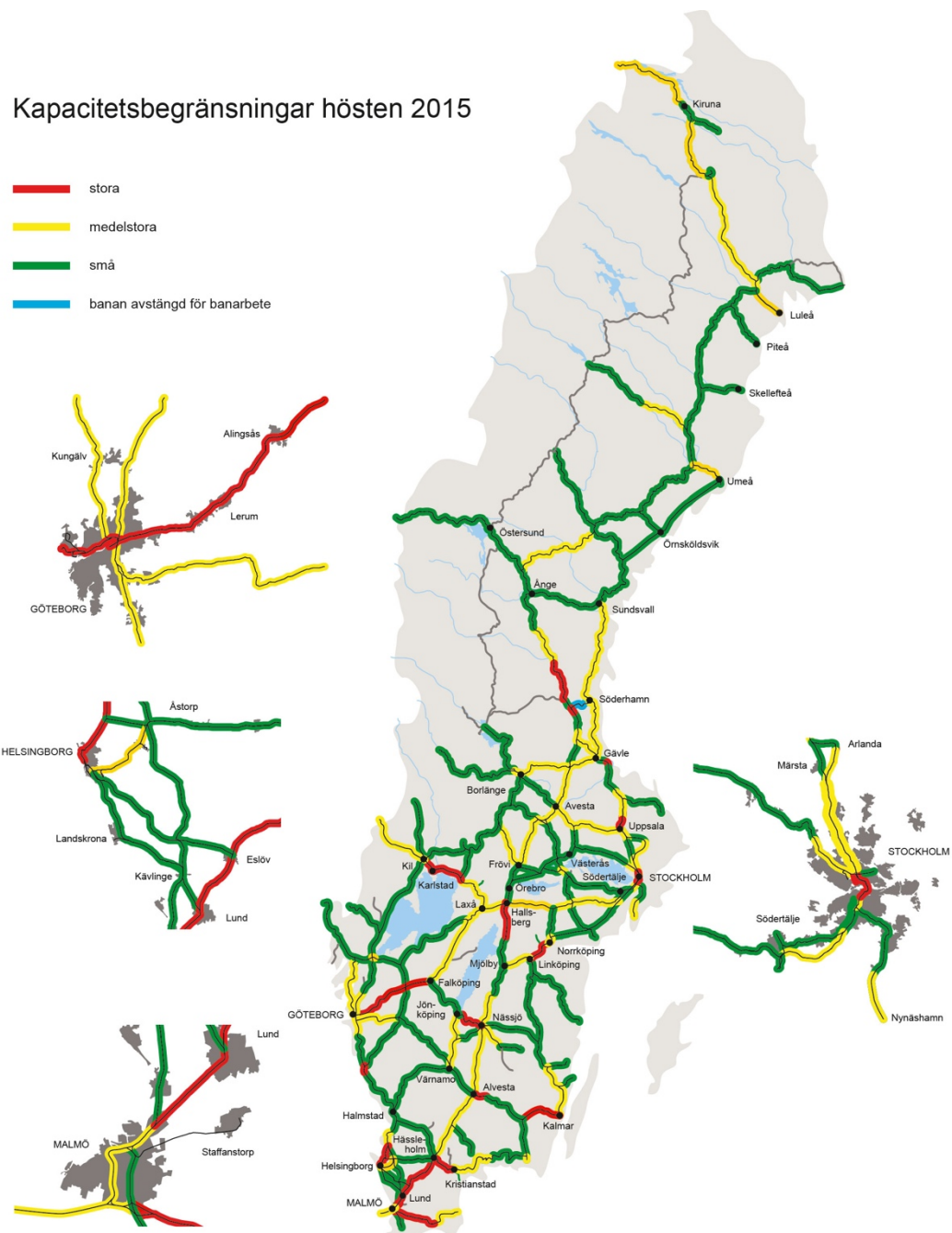
Bilaga D: Tabell för beräkningar av miljöpåverkan

Händelse/Enhet		kWh	CO2 ekv (kg)	Nox (g)	SO2 (g)
Väg 10 km		2823	709	3474	2
Omlastning		20394	1478	3971	2
JV 220 km		10723	107	0	0
Omlastning		20394	1478	3971	2
Totalt		54334,52	3773,065	11415,23	6,83
/ körd km		48,74	0,487	0	0
Väg 220 km		62113	15600,8	76429,2	42,9
/ körd km		282,33	70,9	347,4	0,195

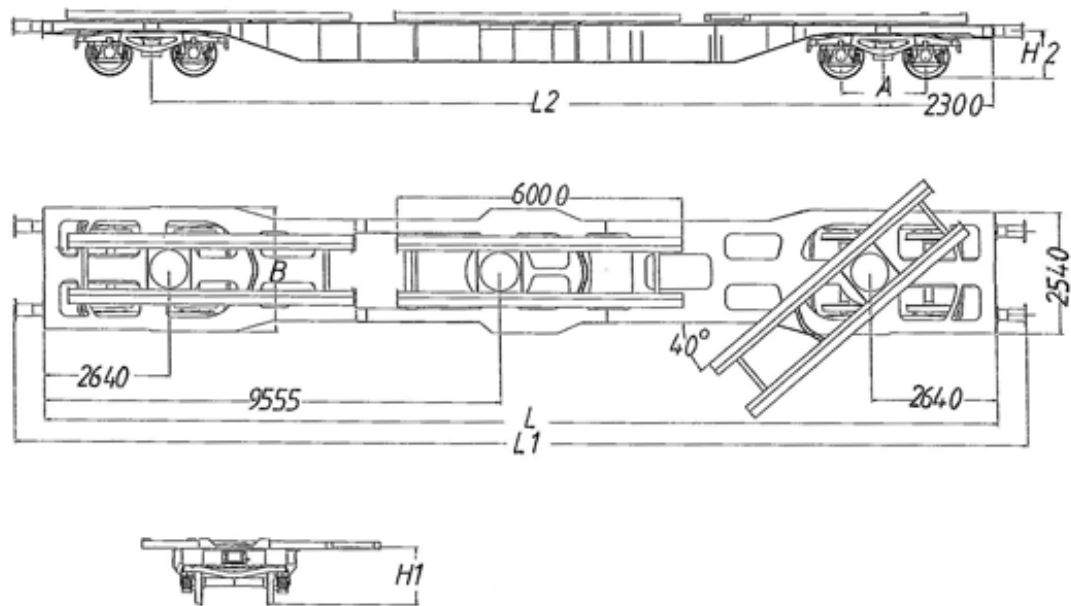
Bilaga E: Karta Tåglägesavgift 2016 (Trafikverket 2014C).



Bilaga F: Karta Kapacitetsbegränsningar 2016 (Trafikverket 2016).



Bilaga G: Ritning, Sgnss-V, boggivagn avsedd för containrar med rullflaksram (Green Cargo 2014A).

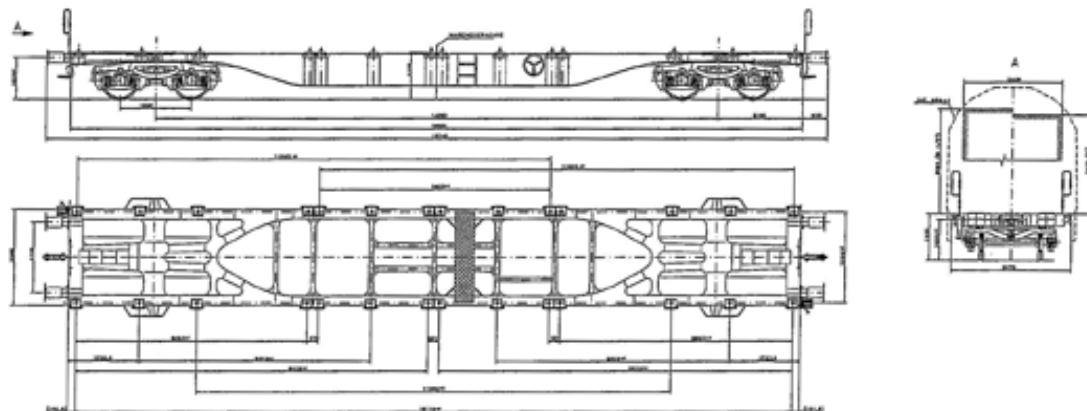


Littera och typ	Enhet	Sgnss-v
Vagnnummer		455 2 500
Lastytans längd = L	mm	18400, 20035, (vridbänk=3x6180)
Lastytans bredd = B	mm	Underrede max 2600
Längd över buffertar = L1	mm	21275
Bufferthöjd = H2	mm	1020
Egenvikt	kg	28500
Lastytans höjd över r.ö.k.	mm	Chassi = 1135, Lastplan = 1230, Vridbänk = 1350
Axelavstånd i boggi = A	mm	1800
Avstånd mellan boggicentra = L2	mm	15435
Minsta kurvradie	m	75
RIV		Ja

Lastgräns ton		A	B	C	D
	SS	35,5	43,5	51,5	61,5

GC	E3
100	71,5

Bilaga H: Ritning, Sgnss, fyraxlig container vagn (Green Cargo 2014B).



Littera och typ	Enhet	Sgnss
Vagnnummer		3174 455 2 000 - 832, 3368 455 2 403 - 496
Lastytans längd	mm	18400
Lastytans bredd	mm	2600
Längd över buffertar	mm	19640
Egenvikt	kg	20000
Lastytans höjd över r.ö.k.	mm	1155
Axelavstånd i boggi	mm	1800
Avstånd mellan boggicentra	mm	14200
Minsta kurvradie	m	75
RIV		Ja

Lastgräns ton		A	B	C	D
	S	44	52	62	70
	SS	44	52	60	

Bilaga I: Terminaltariff Gothenburg RORO terminal (Alvsborgroro 2016).

TERMINAL OPENING HOURS

TRAILERS	
Monday – Friday	00.00 – 24.00
Saturday	00.00 – 03.00; 08.00 – 24.00
Sunday	08.00 – 24.00

LIFT UNITS	
Monday – Friday	07.00 – 21.30

Outside these hours additional charges apply. Lifts outside opening hours shall be ordered by e-mail one day in advance (including contact details of driver) to order.roro@gotrora.com.
The work order you need for this is to be found at www.gothenburg-roro.com.

QUAY HANDLING – IMPORT MOTOR VEHICLES (NON NORMAL FLOW, WHEN EXTRA SERVICE IS NEEDED)	
Open Monday – Friday	07.00 – 12.00

Other opening hours may apply on holidays.

STORAGE CHARGES

First 3 days are free incl. days of discharge/loading collection/delivery. Thereafter charges per day or part thereof. One additional free day for import units arriving the day before weekends and holidays.

PER UNIT PER DAY	DAYS 4-5	DAYS 6-9	10TH DAY AND AFTER
6 m length and under	SEK 67	SEK 138	SEK 267
Over 6 m length	SEK 118	SEK 241	SEK 472
Cars/vans/tractors	SEK 56	SEK 118	SEK 226

HANDLING CHARGES

LIFT CHARGES	MONDAY – FRIDAY 07.00 – 21.30 TIME ¹	OTHER
--------------	--	-------

Handling of lift units (one lift during normal opening hours) is included in stevedoring rates to shipping line.

Lifts of ISO units, per lift	SEK 359	SEK 538
Piggy back trailers, per lift	SEK 564	-

Charges for heavy lifts and special units by agreement

¹ From March 1, 2012 the first lift is included also on Saturday and Sunday between 09:00 – 15:00.

Though, a work order (to be found at www.gothenburg-roro.com) must be sent on Friday at 16:00 at the latest.

HANDLING CHARGES (continued)

RECEIVE AND DELIVERY

SECU/UNITS	SEK 256
------------	---------

TERMINAL SHUNTING

Shunting within Gothenburg Ro/Ro Terminal (on operators request) to repair areas etc, per unit.
For shunting between Arendal and Gothenburg there will be a surcharge of 25% on the prices below.

Trailers/lorries/chassis	SEK 308	SEK 431
Containers/flats (ISO units) + mafi	SEK 349	SEK 523
SECU*	SEK 666	SEK 871
Cars	SEK 144	SEK 205

* Shunting to Arendal is not possible for heavy units such as SECU's.

Shunting of transit cargo: The arriving shipping line receives the charge when shunting of cargo between vessels is needed if nothing else is agreed upon.

All other handling by agreement.

OTHER CHARGES

TEMPERATURE CONTROLLED UNITS

Plug in units, per plug in. Includes Monitoring, per unit and day	SEK 256
---	---------

SURVEY/CHECK OF SEALS/DAMAGE REPORT

Survey of units incl. report, on operators request, per unit	SEK 205
--	---------

ADMINISTRATIVE CHARGES

Re-delivery of export unit, per unit. Storage charges from first day apply, i.e. no free days are included.	SEK 133
---	---------

* you find the work order form on www.gothenburg-ro-ro.com.

SURCHARGE FOR UNITS WITH HAZARDOUS CARGO, PER UNIT

Hazardous cargo is invoiced by each shipping line.	SEK 256
--	---------

Transit cargo: The arriving shipping line receives the charge. When remarking of hazardous cargo is needed, please contact your shipping line who will assist you.

Bilaga J: Klimatprestanda för preems drivmedelsprodukter (Preem 2015).

Giltig från 2015-11-09

KLIMATPRESTANDA FÖR PREEMS DRIVMEDELSPRODUKTER



För att alla aktörer ska använda och jämföra samma värden för växthusgasbesparing ska växthusgasutsläppet för det förnybara drivmedlet jämföras med dess fossila motsvarighet enligt standardvärden som anges enligt Europaparlamentets och rådets direktiv 2009/28/EG om främjande av användningen av energi från förnybara energikällor. Detta värde är 83,8g CO_{2ekv}/MJ.

Tabell 1 Utsläpp av fossila växthusgaser för Preems drivmedelprodukter.

Produkt	WTT CO _{2ekv} kg/liter	TTW CO _{2ekv} kg/liter	WTW CO _{2ekv} kg/liter
<i>ca-värden används</i>			
ACP Diesel MK1 utan RME	0,35	2,54	2,89
ACP Diesel MK1 max 5% RME	0,40	2,42	2,82
ACP Evolution Diesel MK1 max 7% RME (Total förnybar andel ca 32%)	0,39	1,72	2,11
ACP Evolution Diesel MK1 max 7% RME (Total förnybar andel upp till 50%) ¹⁾	0,37	1,28	1,63
HVO Diesel 100	0,35	0,0	0,35
Biodiesel 100, RME 100%	1,36	0,0	1,36
Bensin 95/96/98	0,39	2,36	2,75
Bensin 95 E5 max 5% Etanol	0,41	2,24	2,65
Evolution Bensin			2,52
E85 (snittvärde vinter/sommar)	0,72	0,47	1,19

Tabell 2 Växthusgasbesparing för Preems drivmedelprodukter.

Produkt	Förnybar andel (ca, %)	Växthusgas- besparing jfr med fossilt bränsle enl standardvärde (WTW ca, %)
ACP Diesel MK1 utan RME	0	4
ACP Diesel MK1 max 5% RME	5	6
ACP Evolution Diesel MK1 max 7% RME (Total förnybar andel ca 32%)	32	30
ACP Evolution Diesel MK1 max 7% RME (Total förnybar andel upp till 50%) ¹⁾	50	46
HVO Diesel 100	100	88
Biodiesel 100, RME 100%	100	51
Bensin 95/96/98	0	-
Bensin 95 E5 max 5% Etanol	5	4
Evolution Bensin	10	8,4
E85 (snittvärde vinter/sommar)	80	57

¹⁾ Gäller vissa regioner.

MOT HÅLLBARA BRÄNSLEN

För att öka användning av förnybara energikällor och minska växthusgaser gäller från och med 1 augusti 2010 lagen om hållbarhetskriterier (*Lag 2010:598*). Lagen baseras på ett EU-direktiv (*Europaparlamentets och Rådets direktiv 2009/28/EG om främjandet av användning av energi från förnybara energikällor*) och riktar sig till leverantörer och användare av biodrivmedel och flytande biobränslen.

Lagen om hållbarhetskriterier innebär att växthusgasutsläpp för den förnybara andelen i biodrivmedel ska minska med minst 35% jämfört med motsvarande utsläpp för fossilt bränsle. Förutom denna kravuppfyllelse ska den förnybara andelen bestå av råvara som är odlad eller framställd på ett hållbart sätt. Det innebär bland annat att biologiska aspekter ska vara kontrollerade och uppfylla med hjälp av ett kontrollsystem samt att systemet är årligen godkänt av en oberoende granskare.

Detta informationsblad riktar sig till Preems kunder och anger typvärden för

- växthusgas**utsläppen** av Preems drivmedelsprodukter
- växthusgas**besparing** av Preems drivmedelsprodukter jämfört med fossil motsvarighet

ETT DRIVMEDELS KLIMATPÅVERKAN

För att bedöma ett drivmedels klimatpåverkan tas hänsyn till utsläppen av växthusgaser (CO_2ekv)²⁾ för hela kedjan, s.k. livscykelanalys (LCA). EU-direktivet anger beräkningsmetod för att ta fram LCA-analyser samt olika normalvärden för olika drivmedel som kan användas om LCA-analyser saknas.

Det växthusgasutsläpp som motsvarar hela kedjan benämns Well to Wheel (WTW) och innefattar utsläpp vid råvarans framställning, produktion och transport samt vid förbränningen i motorn. WTW kan även brytas ner i *Well to Tank* (WTT) och *Tank to Wheel* (TTW). Se nedan beskrivning av de olika benämningarna.

Well to Tank (WTT)

Mängden fossila växthusgasutsläpp från framställning av råvara till att produkten fylls i fordonstanken.

Tank to Wheel (TTW)

Mängden fossila växthusgasutsläpp när drivmedlet förbränns i motorn.

Well to Wheel (WTW)

Mängden fossila växthusgasutsläpp för hela kedjan från framställning av råvara till att produkten förbränns i motorn (WTT+TTW).

²⁾ Det finns ett flertal växthusgaser där koldioxid är den vanligaste. Utifrån koldioxid beräknas de andra gasernas klimatpåverkan till en sammanlagd klimatpåverkan. Tillsammans benämns växthusgaserna Koldioxidequivaler (CO₂ekv).

