



Analys av potentiell kostnadsbesparing vid införande av ST-kran

Analysis of the potential cost savings when implementing ST-kran

Johan Lindström

**Arbetsrapport 16 2014
Examensarbete 30hp A2E
Jägmästarprogrammet**

**Handledare:
Dag Fjeld**

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för Skogens biomaterial och teknologi
S-901 83 UMEÅ

www.slu.se/sbt

Tfn: 090-786 81 00

Rapport från Institutionen för skogens biomaterial och teknologi

Analys av potentiell kostnadsbesparing vid införande av ST-kran

Analysis of the potential cost savings when implementing ST-kran

Johan Lindström

Nyckelord: transport, rundvirke, HCT, kostnadsfunktioner, nyttolast, kranbil

Arbetsrapport 16 2014

Jägmästarprogrammet

EX0772, A2E, Examensarbete vid institutionen för skogens biomaterial och teknologi

Handledare: Dag Fjeld, Institutionen för skogens biomaterial och teknologi

Extern handledare: Åsa Forss och Fredrik Dacke, Södra Skog

Examinator: Dan Bergström, SLU, Institutionen för skogens biomaterial och teknologi

Sveriges lantbruksuniversitet

Institutionen för skogens biomaterial och teknologi

Utgivningsort: Umeå

Utgivningsår: 2014

Rapport från Institutionen för skogens biomaterial och teknologi

Förord

Denna studie är ett examensarbete motsvarande 30 hp i huvudämnet skogshushållning utfört vid institutionen för skogens biomaterial och teknologi vid Sveriges Lantbruksuniversitet i Umeå.

Jag vill rikta ett stort tack till alla som gjort det möjligt att genomföra denna studie, studiens uppdragsgivare Södra Skog och mina handledare Åsa Forss och Fredrik Dacke.

Dessutom vill jag framföra ett stort tack till min handledare Dag Fjeld, SLU, som med ett stort tålamod och engagemang har hjälpt mig utveckla och färdigställa arbetet.

Ett särskilt tack riktas till Sven Erik Gille som försett mig med nödvändig information och material.

Jag vill även tacka Skogforsk för den information jag fått ta del av kring ST-kran.

Umeå, mars 2014

Johan Lindström

Sammanfattning

Virkestransporter står för ca 25 % av de totala anskaffningskostnaderna för skogsindustrin. Implementeringen av High Capacity Transports (HCT) i syfte att reducera transportkostnaderna och minska miljöpåverkan för att bibehålla en hög konkurrenskraft för svensk skogsindustri har på senare tid fått ett ökat intresse. Ett av dessa HCT-fordon är ST-kran, där ST står för ”Större Travar” och är en kranbil som utvecklats för rundvirkestransporter med en bruttovikt på 74 ton vilket är 23 % högre än en konventionell 60 tons kranbil.

Syftet med detta examensarbete var att undersöka besparingsmöjligheter för rundvirkestransporter genom införande av ST-kran hos Södra Skogs eget åkeri.

Studien delades upp i tre faser. I fas 1 fastställdes uppdragsområden och typer av fordon som skulle ingå i studien samt kartlades utförda transportuppdrag. I fas 2 skapades kostnadsfunktioner för ST-kran och de konventionella kranbilarna i uppdragsområdena med hjälp av kalkylverktyget Gille Kalkyl. I fas 3 utfördes kostnadsberäkningar med kostnadsfunktionerna för att påvisa eventuella reduktioner av transportkostnaden där förslag på uppdragsområde för införande av ST-kran delgavs.

Resultaten visar att vid införande av ST-kran beräknades besparingspotentialen mot studiens befintliga konventionella kranbilar till 7,2–20,6 %. Besparingspotentialen ökade med en ökad skillnad i nyttolast mellan ST-kran och konventionell kranbil.

Studiens resultat påvisar ingen tydlig skillnad i besparingspotential mellan ST-kran och de befintliga kranbilarna till följd av variationer i transportavstånd. Vid jämförelse mellan uppdragsområde där befintliga kranbilar har likvärdiga tjänstevikter kan en ökad besparingspotential kopplas till ett ökat transportavstånd i kombination med en ökad andel kranlossning. Vid införande av ST-kran ökar andelen samlaster till följd av den högre lastkapaciteten.

Nyckelord: transport, rundvirke, HCT, kostnadsfunktioner, nyttolast, kranbil

Summary

Transportation represents approximately 25 % of the total wood supply costs for the Swedish forestry industry. Implementation of High Capacity Transport (HCT) in order to reduce transportation costs and decrease environmental impact to maintain a high level of competitiveness of the industry has recently gained an increasing interest. One of these HCT-vehicles is ST-kran, where ST stands for “Bigger Stacks” and are self-loading trucks that has been developed for timber hauling with a tare weight of 74 tonnes, which is 23 % higher than a conventional 60-ton self-loading truck.

The objective of this study was to investigate the potential cost reduction for timber hauling by introducing ST-kran at Södra Skog.

The study was divided into three main phases. In phase 1 the assignment areas and vehicle types was identified and a mapping of performed transports was carried out. In phase 2 cost functions for ST-kran and current conventional self-loading trucks in each assignment area was created with the spreadsheet tool Gille Kalkyl. In phase 3 cost calculations with the created cost functions was conducted to identify reductions in transport costs and assignment areas for the introduction of ST-kran was provided.

When introducing ST-kran the calculated potential cost savings against current conventional self-loading trucks was 7,2-20,6 %. The cost saving potential increased with an increasing difference in payload between ST-kran and the current conventional trucks.

Introduction of ST-kran increases the proportion of loads from multiple sites due to the higher load capacity. The results from the study shows no significant difference in potential cost savings when introducing ST-kran due to variations in transport distances. In a comparison between assignment areas where current conventional self-loading trucks have equivalent tare weights, increased savings is related to a longer transport distance in combination with an increased proportion of crane unloading.

Keywords: transportation, roundwood, HCT, cost functions, payload, self-loading trucks

Innehållsförteckning

1. Inledning	7
1.1 Bakgrund.....	7
1.2 Problembeskrivning	8
1.3 Tidigare studier	8
1.4 Syfte	10
2. Material och metod	11
2.1 Datainsamling och kartläggning av transportuppdrag.....	12
2.1.1 Val av fordon och uppdragsområde	12
2.1.2 Insamling av data	13
2.1.3 Kartläggning av utförda transportuppdrag	14
2.2 Skapande av kostnadsfunktioner	14
2.2.1 Kostnadsfunktioner	14
2.2.2 Beskrivning av Gille Kalkyl.....	15
2.2.3 Uppdatering av kalkylparametrar.....	15
2.2.4 Förutsättningar för transporter.....	17
2.2.5 Genomförande av transporter.....	19
2.3 Kostnadsberäkningar.....	21
2.3.1 Sammanställning av transportuppdrag	21
2.3.2 Kostnadsberäkningar med skapade kostnadsfunktioner.....	23
2.3.3 Förslag på område för införande av ST-kran	24
3. Resultat	25
3.1 Kartläggning av transportuppdrag.....	25
3.2 Kostnadsberäkningar med skapade kostnadsfunktioner.....	28
3.3 Förslag på uppdragsområde för införande av ST-kran.....	31
4. Diskussion	36
4.1 Granskning av material och metod.....	36
4.1.1 Skapande av kostnadsfunktioner	36
4.1.2 Kalkylparametrar.....	36
4.1.3 Förutsättning vid transporter	36
4.1.4 Genomförande av transporter.....	37
4.1.5 Datainsamling och kartläggning av transportuppdrag.....	38
4.2 Tolkning av resultatet.....	38
4.2.1 Kostnadsberäkningar med skapade kostnadsfunktioner.....	38
4.2.2 Förslag på uppdragsområde för införande av ST-kran.....	39

4.3 Jämförelse med tidigare studier.....	41
4.4 Slutsatser	43
Referenser.....	44

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Under år 2011 utgjorde transporter av skogs- och skogsindustriprodukter 21 % av Sveriges transporter på land. Totalt transporterades 39,5 miljoner ton rundvirke med lastbil vilket motsvarade ett transportarbete på 3 426 miljoner tonkm (Anon., 2013).

De huvudsakliga fordonen vid rundvirkestransporter är kranbilar och gruppbilar, där kranbilar utgör ca 80 % av fordonsflottan (Brunberg & Löfroth, pers. medd. 2013).

Tjänstevikterna skiljer sig åt mellan olika typer av lastbilar vilket leder till skillnader i lastkapacitet. Kranbilarna är försedda med egen kran vilket gör dessa ekipage självlastande och mer flexibla än gruppbilarna som är i behov av extern lastning, där lastning oftast sker med separatlastare. Genom att förse kranbilen med avställningsbar kran möjliggörs en ökning av nyttolasten eftersom kranen kan lämnas vid avlägget vilket leder till en reducerad transportkostnad. Gruppbilar har lägre tjänstevikter än kranbilarna där den högre nyttolasten för grupp bilen främst beror på avsaknaden av kran och de komponenter som krävs för att möjliggöra krananvändning (Fjeld & Dahlin, 2008). Små virkeskvantiteter och sämre vägstandard är den begränsande faktorn vid införande av gruppbilssystem i södra Sverige, där fordonen istället har försetts med egen kran (Lagergren & Löfroth, 1992).

Dagens transportersättning för rundvirkestransporter baseras på olika former av prisavtal som ofta utgår från en prisformel, även kallad tariffer, med följande uppbyggnad:

$$\text{Pris (SEK/m}^3\text{)} = \text{fast komponent (SEK/m}^3\text{)} + \text{avståndsberoende komponent (SEK/m}^3\text{km)}$$

Funktionen beskriver transportersättningen per enhet, ton eller m³ beroende på inmätningsslag vid mottagande industri (Lindström, 2010). Södras transportersättning sker enligt en transporttaxa där pris per transporterad enhet anges beroende på sortiment, måttslag och laststräcka. För att kunna anpassa transportersättningen för de lokala förhållandena i lastbilens uppdragsområde sker justeringar av prisavtalet genom förhandlingar mellan transportör och befraktande (Forss, pers. medd. 2013). Genom en ökning av nyttolasten blir den erhållna transportersättningen för det enskilda transportuppdraget högre, eftersom fler enheter transporteras. Samt fördelas kostnaderna för transportuppdraget på ett större antal enheter. Idag är virkesfordon begränsade till en maximal bruttovikt på 60 ton och en max fordonslängd på 24 m, i vissa fall 25,25 m (Löfroth & Svensson, 2012). På senare tid har implementeringen av High Capacity Transports (HCT) fått ett ökat stöd. Tanken är att den högre nyttolasten som erhålls genom ökad längd och/eller bruttovikt skall medföra lägre transportkostnader och minskad miljöpåverkan (Gröndahl, 2012). En rad olika HCT-fordon har utvecklats för virkestransporter där ST-kran är en av dessa. ST står för ”Större Travar” och är virkesfordon som kombinerats på ett sätt som ökar nyttolasten med samtidigt håller sig inom nuvarande bestämmelser för fordonslängd och axeltryck (Löfroth & Svensson, 2012). ST-kran är en kranbil med en bruttovikt på 74 ton vilket innebär en ökning på 23 % i

jämförelse med en konventionell 60 tons kranbil. Idag krävs en särskild dispens utfärdad av trafikverket för att få framföra ST-fordonen på allmän väg (Löfroth & Svensson, 2012).

1.2 Problembeskrivning

Virkestransporter från skog till industri står idag för ca 25 % av de totala anskaffningskostnaderna för skogsindustrin vilket motsvarar knappt 60 kr/m³fub (Lidén et al., 2006). Bränslekostnader utgör drygt en tredje del av den totala transportkostnaden (Löfroth & Svensson, 2012). Sedan 2003 har transportkostnaderna ökat kraftigt och ligger idag ca 50 % högre än konsumentprisindex (Brunberg, 2012). Dieselpriserna har ökat med knappt 80 % mellan 2003 och 2011 (Anon., 2013a). En ytterligare prisökning förutspås till följd av EU:s förändrade svaveldirektiv där det spås en ökning av dieselpriset med 80 öre/liter år 2015 (Anon., 2012). För att skogsindustrin skall kunna parera denna ökning kommer det att krävas kostnadseffektiva rundvirkestransporter.

Efter förslag från finska skogsindustrierna beslutade de finska myndigheterna att från och med den 1 oktober 2013 öka högsta tillåtna bruttovikten från 60 till 76 ton för ekipage utrustade med minst 9 axlar (Anon., 2013b). För att undvika försämrade konkurrensförmåga samt möjliggöra mer kostnadseffektiva transporter är motsvarande implementering i Sverige nödvändig.

1.3 Tidigare studier

Erlandsson (2008) undersökte faktorer som påverkar lönsamheten för rundvirkestransportföretag samt kvantifierade sambanden mellan faktorerna och ekonomiska resultat. I studien påvisades att fordonsvikten hade en stark påverkan på lönsamheten, en ökad taravikt minskar nyttolasten och ökar bränslekostnader per transporterad enhet. Begränsningar i öppettider hos mottagare och andel transport av gallringsvirke hade även det en negativ inverkan på lönsamheten. I studien gick det inte att fastställa något samband mellan andel retur och lönsamhet.

Engdahl (2008) kartlade hur införandet av två nya trailerkoncept för rundvirkestransporter påverkade Stora Enso's transportverksamhet med avseende att fastställa möjlig prestations- och flexibilitetsökning. I koncept 1 användes rangeringsplatser där kranbil med tillkopplad dolly och semitrailer lastar om virkestraven på bilen till en link varpå även trailern kopplas på. En dragbil transporterar sedan ekipaget till mottagande industri. I det andra konceptet används virkesterminal dit konventionella kranbilar transporterar virket som sedan lastas om och transporteras in till industri med dragbil. Resultatet visar att flexibiliteten kan fördubblas genom koncept 1 medan en ökning upp mot 20 % är möjlig för koncept 2. För koncept 1 gjordes jämförelse mot konventionell transport med fordon med två olika lastvikter. Första var vanlig konventionella 60 tons ekipage och det andra ekipaget hade en lastvikt på 45 ton och en total fordonsvikt på 73 ton. Beräkningarna påvisade en högre prestation i ton/skift för lastvikten 45 ton.

Lindström (2010) utförde en studie för att utifrån transportörens perspektiv finna sätt att skapa en mer differentierad transportersättning och jämföra dessa mot befintliga

transportersättningar. Studien visade att den viktigaste faktorn var öppettider vid mottagande industri. Öppettiderna påverkar väntetider, returmöjligheter och resursutnyttjande samt att åkerier med mindre tillgång till mottagningsplatser med långa öppettider bör kompenseras. Vidare påverkar topografin i området medelhastigheten och drivmedelsförbrukningen vilket gör att åkerier med en större andel besvärlig topografi bör kompenseras. Studien visade även att det fanns önskemål hos transportörerna att prissätta transporterna i ton.

Petersson (2003) presenterade en rad faktorer som påverkar transportkostnaden per enhet. Den faktor som hade den största inverkan på transportkostnaden var laststräckan där en reduktion av sträckan med 10 % innebar en kostnadsreduktion på 7,2 %. En motsvarande reduktion av taravikten respektive lastningstiden leder till en kostnadsreduktion på 4,2 % respektive 1,7 %.

Skogforsk har utfört en rad olika studier med ST-fordon där det fastställts kostnadsbesparingar upp till 10 % (Löfroth & Svensson, 2012). Nedan presenteras resultaten från ett antal studier utförda av Skogforsk innehållande ST-kran.

- En jämförelse mellan ST-kran och en konventionell kranbil utfördes där lossning vid mottagande sågverk utfördes med egen kran. Körsträckan var 3 km på skogsbilväg och 80 km på landsväg. Kalkylen påvisade en reduktion av transportkostnaderna med 7 % för ST-kran (Aspholmer, 2010).
- En ytterligare kalkyl där ST-kran lastar i skogen och ställer av kranen innan transport till industri påvisar en reduktion av transportkostnaden med 6 % i jämförelse mot en konventionell kranbil (Aspholmer, 2010).
- En bränsleuppföljningsstudie innehållande ST-kran och två konventionella kranbilar som referensfordon påvisade en medelbränsleförbrukning som var 7,4 % lägre per tonkm för ST-kran (Asmoarp et al., 2013).
- Kungliga ingenjörsvetenskapsakademien (2014) presenterade, med stöd av Skogforsk studier, bedömda besparingspotentialer för virkestransporter med HCT-fordon. Inom 15 år bör ca 50 % av dagens transporter utföras av dessa fordon vilket skulle kunna leda till kostnads- och energieffektiviseringar på 10-15 %. År 2050 skulle motsvarande besparingen kunna uppgå till 20 %.

Andersson och Frisk (2013) utförde en studie med syfte att analysera utförda rundvirkes- och skogsbränsletransporter i Sverige under 2010. Medeltransportavståndet för utförda transporter uppgick till 95,3 km. Transportkostanden per transporterad enhet för timmer var 70 kr och 71 kr för massaved, enheten var m³fub. Kostnaderna var baserad på enkäter med syfte att samla in information om skogsbrukets kostnader för rundvirke och skogsbränsle under 2010. Vid ett ersättande av dagens fordonsflotta bestående av konventionella 60 tons fordon mot ST-fordon skulle en reduktion av den körda sträckan med 20-23 % medföras.

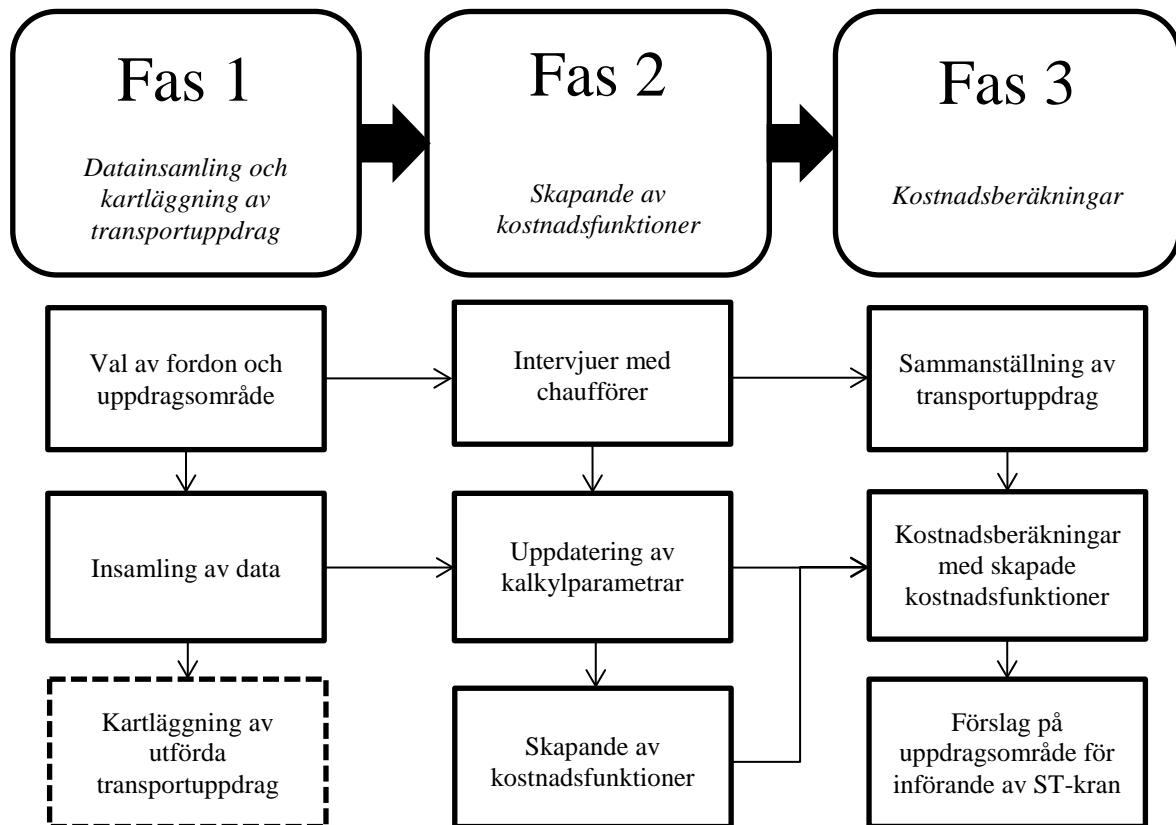
1.4 Syfte

Syftet med detta examensarbete var att undersöka besparingsmöjligheter för rundvirkestransporter genom införande av ST-kran hos Södra Skogs eget åkeri. Examensarbetet kommer att verka som beslutsunderlag vid val av framtida fordon för rundvirkestransporter inom studerat område. Studien kommer att genomföras med följande tre delsyften:

- Kartläggning av utförda transportuppdrag för ett urval av befintliga konventionella kranbilar.
- Skapa kostnadsfunktioner och jämföra utfallet av transportkostnaden för befintliga kranbilar och ST-kran.
- Ge förslag på uppdragsområde för införande av ST-kran där besparingspotentialen är störst.

2. Material och metod

Studien delades in i tre faser, se figur 1. Fas 1 syftade till att fastställa uppdragsområden och typer av fordon som skulle ingå i studien samt att kartlägga utförda transportuppdrag i områdena för att ge en överblick av transportarbetet. Fas 2 innebar skapande av kostnadsfunktioner för ST-kran och de konventionella kranbilarna i uppdragsområdena med hjälp av kalkylprogram. Målet med fas 3 var att utföra kostnadsberäkningar med skapade kostnadsfunktionerna för att påvisa eventuella skillnader i transportkostnaden mellan fordonen samt vid påvisad besparing ge förslag på område för införande av ST-kran där besparingspotentialen var störst.



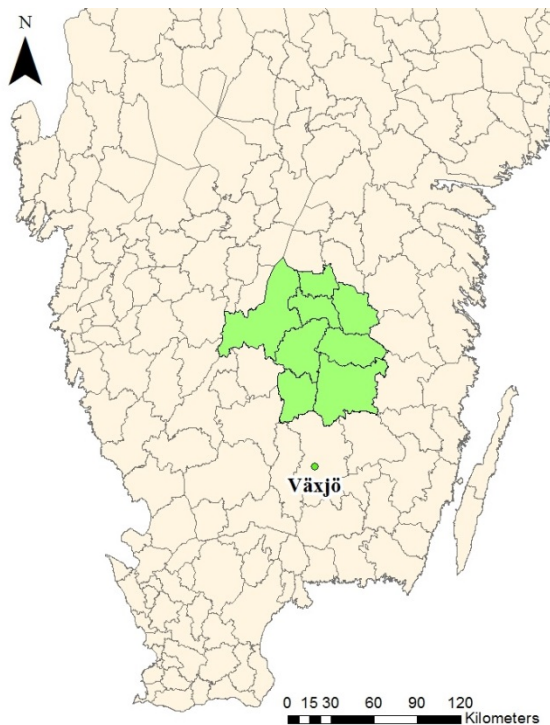
Figur 1. Översikt av de tre faser som ingår i studiens arbetsgång. Resultaten från den streckade rutan användes inte i kostnadsberäkningarna utan endast för att ge en överblick om transportarbetet i uppdragsområdena.

Figure 1. Overview of the three phases of the study's work processes. The results from the dashed box were used to provide an overview of the transport work in the assignment areas and were not used in the cost calculations.

2.1 Datainsamling och kartläggning av transportuppdrag

2.1.1 Val av fordon och uppdragsområde

Fas 1 initierades med att fastställa det geografiska området för studien. Detta gjordes av ansvariga uppdragsgivare på Södra Skogs eget åkeri. Området var lokaliserat i småländska höglandet där fyra konventionella kranbilar valdes ut för studien, figur 2. Kranbilarna utgår från separata hemområden där de ansvarar för transporten av tilldelade transportorderar i området. Via KOLA (Kommunikation lastbil) tar chaufförerna emot transportorderar och får information om tillgängliga avlägg i bilens område. Information om avläggets storlek, sortimentsfördelning och position ges och kan avläsas i realtid i bilens dator. Chaufförerna planerar sedan ordningen i vilken transportorderna transporteras in till mottagnade industri. Ett visst samarbete sker mellan bilarna i närliggande hemområden. De konventionella kranbilarna och hemområdena kommer i fortsättningen gemensamt kallas för uppdragsområde.



Figur 2. De utvalda uppdragsområdena är lokaliserade inom det på kartan markerade området.
Figure 2. Each of the selected assignment areas is located within the marked area.

Fastställande av fordon för jämförelse mot de konventionella kranbilarna gjordes med stöd av ett skapat urvalsunderlag. En kartläggning av ny teknik och tillgängliga lastbilstyper för rundvirkestransport gjordes genom litteraturstudie samt intervjuer med åkerier, fordonstillverkare och forskare. Urvalsunderlaget presenterades sedan för uppdragsgivare på Södra Skog. Ur urvalsunderlaget valdes två scenarion innehållande ST-kran ut för studien.

Scenario 1 – endast ST-kran

ST-kran ersätter den konventionella kranbilen i uppdragsområdet. Vilket innebär att samtliga transportuppdrag som tidigare utförts av den konventionella kranbilen i uppdragsområdet kommer att transporteras från avlägg till mottagande industri av ST-kran.

Scenario 2 – kombination med befintlig kranbil

ST-kran samarbetar med befintlig konventionell kranbil i uppdragsområdet. ST-kran riktas mot avlägg där minst ett fullt lass till en och samma mottagningsplats finns. Den konventionella kranbilen kommer styras mot mindre avlägg och hantera de transporter som är mindre än ett lass för ST-kran. Detta för att i större omfattning rikta ST-kran mot de transporter där den ökade lastvikten kan utnyttjas effektivt. De transporter som innebär samlaster för ST-kran kommer således att utföras av den konventionella kranbilen.

2.1.2 Insamling av data

Data om utförda transportuppdrag från de fyra uppdragsområdena beställdes från SDC, skogsnäringens IT-företag. SDC förmedlar och förädlar information mellan skogsnäringens olika affärspartners genom branschgemensamma IT-tjänster (Anon., 2013c). Vid beställningen av data specificerades de attribut som skulle ingå i datamaterialet noggrant genom en dialog med SDC, se tabell 1. Beställningen resulterade i ett datamaterial med utförda transportuppdrag under perioden 2012-10-01 till och med 2013-09-30. Utförda transporter under ett år ansågs tillräckligt för studien. Analysen gjordes inte i SDCs egna gränssnitt utan i beställningen specificerades att rådata skulle exporteras till Excel-format. Materialet var samlat i en Excel-fil där utsökning av transporter utförda i respektive uppdragsområde möjliggjordes genom sortering efter unika transportörnummer. I datamaterialet var volymer av samma sortiment inom samma virkesorder som transporterats till samma mottagningsplats aggregerade. Vilket innebär att transportflödena inte var uppdelade på varje enskild transport, utan flödena var fördelade på virkesorder, sortiment och mottagare. En begränsning gjordes i studien; endast transporter av massaveds- och timmersortiment inkluderades.

Tabell 1. Redogörelse av de attribut som fanns i det data som användes i studien.
Table 1. Presentation of the attributes contained in the data used in the study.

Attribut	Beskrivning
TRANSP	Transportörnummer, unikt sexsiffrigt nummer för varje lastbil
VONUM	Virkesordernummer
MOTTPL	Mottagningsplats, ett unikt nummer för mottagningsplatserna
SSTE	Sortiment, firsiffrig sortimentskod.
SAMLAST	Anger om transporten varit samlastad
M3FUB	Inmätt volym i m ³ fub
TON	Inmätt kvantitet i ton
TRPKM_TR	Transportavståndet, enkel väg i km

2.1.3 Kartläggning av utförda transportuppdrag

Till följd av det unika transportörsnumret kunde en utsortering av utförda transportuppdrag inom respektive uppdragsområde göras. Utsökningarna exporterades sedan till fyra nya Excel-filer, en för varje uppdragsområde. Med hjälp av pivottabeller bearbetades materialet och en kartläggning av transportflödena inom respektive uppdragsområde genomfördes. Den transporterade volymen sammanställdes för varje mottagningsplats där en filtrering gjordes på sortiment för att dela upp volymen i massaved och timmer för respektive mottagningsplats. Genom att använda funktionen ”Beräkna fält” i pivottabellen beräknades volymvägt medeltransportavstånd (km) för respektive mottagningsplats och sortiment enligt formeln nedan:

$$f = \sum \frac{(M3FUB * TRPKM_TR)}{\sum(M3FUB)}$$

2.2 Skapande av kostnadsfunktioner

Syftet med fas 2 var att skapa kostnadsfunktioner för samtliga fordon. För att skapa funktionerna användes kalkylverktyget Gille Kalkyl och fyra typer av transportuppdrag användes som utgångspunkt:

- Kran avställd - kranen ställs av vid avlägget och lossning utförs av truck vid mottagande industri.
- Kran på - kranen lämnas på bilen under hela uppdraget och används vid lossning.
- Samlast truck – samlastad transport där lossning utförs av truck vid mottagande industri.
- Samlast kran – samlastad transport där lossning utförs med lastbilens kran.

Samlast har i studien definierats som transporter då virke från mer än en virkesorder transporterats till mottagande industri under samma transport. Kranen är på under hela transportuppdraget.

2.2.1 Kostnadsfunktioner

För att beräkna kostnaden skapades kostnadsfunktioner. Kostnadsfunktionerna hade samma utformning som tariffer som används vid transportersättning med undantaget att vinstmarginaller uteslöts. Kostnadsfunktionerna är uppbyggda av en fast och en rörlig del:

Transportkostnad (SEK/m³fub) = F + (R * laststräcka (km))

F= Fast kostnad per m³fub (SEK)

R= Rörlig kostnad per m³fub (SEK)

I studien beräknades transportkostnaden för samtliga transportflöden i m³fub.

2.2.2 Beskrivning av Gille Kalkyl

Vid utformning av kostnadsfunktionerna användes kalkylverktyget Gille Kalkyl. Gille Kalkyl är ett Excel-baserat kalkylverktyg vars målsättning är att fastställa den verkliga transportkostnaden efter givna förutsättningar (Gille, 2013). Kalkylbladet består av ett flertal avsnitt där varje avsnitt innehåller celler där information för de specifika transportförutsättningar fylls i varpå automatiska beräkningar utförs och resultat genereras. De olika avsnittens kalkyler resulterar i tidskostnader (öre/min), sträckberoende kostnader (kr/mil) och lastningskostnad (kr/vända). Med stöd av detta kan totala transportkostnaden per vända beräknas, där kostnaden fördelas på laststräcka och tomkörningssträcka. Tomkörningssträckan beräknas vara den samma som sträckan med last. Gille Kalkyl genererar slutligen transportkostnaden i form av en funktion bestående av en fast och en rörlig del. Se Gille (2013) för mer ingående information om Gille Kalkyls uppbyggnad.

2.2.3 Uppdatering av kalkylparametrar

För att möjliggöra användandet av Gille Kalkyl utfördes uppdateringar av kalkylparametrar till rådande förutsättningar för fordonen, se tabell 2. Aktuella data till uppdateringarna anskaffades via uppdragsgivare på Södra Skog samt från annan angiven kompetens i branschen.

Tabell 2. Redovisning av de kalkylparametrar som uppdaterats i Gille Kalkyl för ST-kran.
 Table 2. Description of the input parameters that have been updated in Gille Kalkyl for ST-kran.

Faktorer	Attribut	Värde	Enhet	Källa
<u>Fordonsdata</u>	Tjänstevikt Bil	14,1	ton	Dacke & Forss, pers. medd. 2013
	Tjänstevikt Släpvagn	6,5	ton	Gustavsson, pers. medd. 2013
	Tjänstevikt Kran	3,1	ton	Dacke & Forss, pers. medd. 2013
	Taraviktökning	0	Kg	
	Genomsnittlig bruttovikt (vid full last)	71,72	ton	Edlund, 2013
<u>Investeringsvärden</u>	Bil	2 500 000	SEK	Dacke & Forss, pers. medd. 2013
	Släpvagn	840 000	SEK	Gustavsson, pers. medd. 2013
	Kran	570 000	SEK	Dacke & Forss, pers. medd. 2013
<u>Gummiutrustning</u>	Summa Bil	52 500	SEK	Dacke & Forss, pers. medd. 2013
	Summa Släpvagn	65 000	SEK	Dacke & Forss, pers. medd. 2013
Försäkringar	Totalsumma	55 450	SEK	Dacke & Forss, pers. medd. 2013
Fordonsskatter	Totalsumma	41 402	SEK	Anon., 2013d
Diverse kostnader	Totalsumma	41 740	SEK	Dacke & Forss, pers. medd. 2013
Administrationskostnader	Totalsumma	95 260	SEK	Dacke & Forss, pers. medd. 2013
Lönekostnader	Totalsumma	1 837 626	SEK	Dacke & Forss, pers. medd. 2013
<u>Produktionsdata</u>	Total drivm.förbr.	5,98	Liter/mil	Edlund, 2013
	Drivmedelspris	10,6	SEK/Liter	Dacke & Forss, pers. medd. 2013
	Marginal	0	%	Dacke & Forss, pers. medd. 2013

I tabell 3 presenteras skillnader i kalkylparametrarna mellan de konventionella kranbilarna och ST-kran. Kranbilen i uppdragsområde 3 har fast kran och saknar möjlighet att ställa av kranen vilket förklarar den högre tjänstevikten på 15 ton. För att ta hänsyn till detta användes en uppdragstyp vid skapande av kostnadsfunktionen till denna kranbil där kranen var på vid trucklossning. Utöver de befintliga konventionella kranbilarna i uppdragsområdena skapades kostnadsfunktioner för en standard konventionell kranbil. Detta för att möjliggöra jämförelser mellan uppdragsområdena utan skillnader mellan fordonen. Standardbilen är baserad på medelvärdet av kalkylparametrarna för kranbilarna i uppdragsområdena.

Tabell 3. Visar de parametrar som används för skapande av kostnadsfunktionerna för de konventionella kranbilarna.

Table 3. Displays the parameters used for the creation of the cost functions for the conventional self-loading trucks.

Attribut	Uppdragsområde				Värde	Enhet	Källa
	1	2	3	4			
Tjänstevikt Bil	12,3	12,3	15,0	12,0		ton	Dacke & Forss, pers. medd. 2013
Tjänstevikt Släpvagn	6,0	5,4	7,1	6,5		ton	Dacke & Forss, pers. medd. 2013
Tjänstevikt Kran	3,0	3,1	3,1	2,7		ton	Dacke & Forss, pers. medd. 2013
Genomsnittlig bruttovikt (vid full last)					58,8	ton	Enkätundersökning
Bil					2 100 000	SEK	Dacke & Forss, pers. medd. 2013
Släpvagn					550 000	SEK	Dacke & Forss, pers. medd. 2013
Summa Bil					43 400	SEK	Dacke & Forss, pers. medd. 2013
Summa Släpvagn					52 000	SEK	Dacke & Forss, pers. medd. 2013
Fordonsskatter					34 387	SEK	Anon., 2013d
Total drivm.förbr.	5,53	5,21	6,50	5,68		Liter/mil	Dacke & Forss, pers. medd. 2013

2.2.4 Förutsättningar för transporter

Utöver kalkylparametrar var en rad andra faktorer nödvändiga att uppdateras för att kunna utveckla tillfredställande kostnadsfunktioner. I detta stycke presenteras faktorer som påverkar förutsättningarna för transporter och som uppdaterades i Gille Kalkyl.

Antalet drifttimmar i de fyra uppdragsområdena under 2012 presenteras i tabell 4. Vid utformningen av kostnadsfunktionerna har antalet drifttimmar per år beräknats genom att multiplicera medelvärdet för uppdragsområdena med antalet chaufförer för skifttypen.

Tabell 4. Redogörelse för antalet drifttimmar under 2012 i uppdragsområdena.

Table 4. Presentation of the operating hours in 2012 in the assignment areas.

Faktor	Uppdragsområde				Medel
	1	2	3	4	
Drifttimmar/år	4781	5599	7020	6086	5871
Antal chaufförer	3	3	4	3	3,25
Timmar/chaufför	1594	1866	1755	2029	1811

I tabell 5 presenteras skifttypen som använts vid skapande av samtliga kostnadsfunktioner där veckans första respektive sista skift presenteras. Uppgifterna som presenteras i tabellen uppdaterades i Gille Kalkyl och har tillsammans med gällande transportavtal använts för att uppdatera och beräkna lönekostnaderna (Dacke & Forss, pers. medd. 2013).

Tabell 5. Beskrivning av den skifttyp som använts vid skapandet av samtliga kostnadsfunktioner.
Table 5. Description of shift type used in the creation of each cost functions.

Skifttyp för kostnadsfunktioner				Antal drifttimmar/år	Totalt antal veckor/år
Antal chaufförer	Start	Slut	Raster		
3	Söndag 16:00 – Måndag 04:45	Fredag 16:00 - Lördag 04:45	45 min/4,5 timmar	5433	156,4

Eftersom volymvikten påverkar antalet enheter som transporteras vid en och samma transport genomfördes en kartläggning av volymvikten för sortimentsgrupperna, se tabell 6. Dessa värden användes sedan vid skapande av kostnadsfunktionerna. Det skapades en kostnadsfunktion för varje sortimentsgrupp och uppdragstyp.

Tabell 6. Volymvikterna som använts vid framtagande av kostnadsfunktionerna samt det dominerande trädslaget för varje sortiment.
Table 6. Displays the volume weights used in the development of the cost functions and the dominant tree species for each assortment.

Sortimentsgrupp	Dominerande trädslag	Volymvikten (kg/m ³ fub)	Källa
Talltimmer	Tall	928	Wilhelmsson & Moberg, 2004
Grantimmer	Gran	877	Wilhelmsson & Moberg, 2004
Klentimmer	Gran	909	Anon., 2013c
Kubb	Ek	1025	Håkansson & Steffen, 1994
Ektimmer	Ek	1025	Håkansson & Steffen, 1994
Barmassaved	Gran	921	Johannesson, pers. medd. 2013
Lövmassaved	Björk	994	Johannesson, pers. medd. 2013

I tabell 7 presenteras den inmätta volymen och vikten av barmassaved och björkmassaved vid Mörrums bruk under perioden 1 januari till och med 6 december 2013 (Johannesson, pers. medd. 2013). Den genomsnittliga volymvikten har beräknats och använts i studien vid framställning av kostnadsfunktionerna för sortimentsgrupperna barmassaved och lövmassaved.

Tabell 7. Redogörelse för inmätningen av barr- och björkmassa vid Mörrums bruk.
 Table 7. Presentation of the measured softwood pulp and birch pulp at Mörrums mill.

Period	SSTE	Sortimentsgrupp		SSTE	Sortimentsgrupp	
	1040	LM		1000	BM	
	Vikt (ton)	Volym (m ³ fub)	Volymvikt (kg/m ³ fub)	Vikt (ton)	Volym (m ³ fub)	Volymvikt (kg/m ³ fub)
1/1-31/3	31236,7	28782,4	1085,3	88697,8	93137,0	952,3
1/4-30/6	22808,6	22443,6	1016,3	62069,9	69180,9	897,2
1/7-30/9	44804,1	48772,1	918,6	77619,4	89447,2	867,8
1/10-6/12	15907,8	15441,2	1030,2	56339,6	57310,4	983,1
Summa	114757,2	115439,4	-	284726,6	309075,5	-
Medel	-	-	994,1	-	-	921,2

2.2.5 Genomförande av transporter

Förutom uppdatering av kalkylparametrar och förutsättningar för transporter gjordes en uppdatering av transporternas genomförande. För att samla in data för faktorer som påverkar transporternas genomförande utfördes en enkätundersökning. Genom enkäten erhöles information om transportmiljön och terminaltiderna i området där resultatet användes för att uppdatera Gille Kalkyl. Enkäten användes även för att fastställa restriktioner vid transporter i form av lossningsalternativ samt för att samla in data kring genomförandet av samlaster.

Enkätundersökning

Enkäten utformades bestående av två delar, transportmiljö och genomförande av transporter. Enkäten bestod av ett antal tabeller samt kompletterande frågor som respondenterna besvarade. Inför varje tabell gavs en kort introduktion och förklaring av vad som efterfrågades. Enkäten skickades till ansvarig chaufför i respektive uppdragsområde en vecka innan intervjun för att ge denne tid att fundera igenom svaren ordentligt. Enkätundersökningen gjordes sedan via telefon där intervjuaren tillsammans med respondenten gick igenom svaren.

Transportmiljön enligt enkätundersökningen presenteras i tabell 8. Vid skapande av kostnadsfunktionerna har medelvärdet av svaren från uppdragsområdena för varje vägklass och transportavstånd använts som beskrivning av transportmiljön. Transportmiljön beskrivs genom fem olika vägklasser med avseende på vägstandard. För respektive vägklass anges avståndsfördelningen i kilometer för sex olika transportavstånd 20, 50, 100, 150, 200 och 250, samtliga avstånd anges för enkel resväg. Vägklass 1 är landsvägar med en stigning mindre än 3 % och vägklass 5 är en normal skogsbilväg.

Tabell 8. Transportmiljön enligt enkätundersökningen angivet i medeltal. Transportmiljön beskrivs av de olika transportavståndens kilometerfördelning i fem vägklasser.

Table 8. Transport environment is the different transport distances distribution over 5 road classes.

Avståndsfördelning (km)	Transportavstånd (km)					
	Vägklass 1	6,25	18,63	48,25	71,13	97,75
Vägklass 2	3,75	14,88	27,75	39,88	53,00	71,38
Vägklass 3	2,75	4,75	7,00	9,50	13,50	16,25
Vägklass 4	4,25	7,00	9,75	19,75	23,50	27,50
Vägklass 5	3,00	4,75	7,25	9,75	12,25	15,00
Totalt	20	50	100	150	200	250

Tider kopplade till lastnings- och lossningsmoment benämns gemensamt i Gille Kalkyl för terminaltider. I studien har en uppdelning av terminaltiderna på fasta och lastberoende tider gjorts. För de fasta tiderna anses tidsåtgången för arbetsmomentet vara oberoende av fordonstyp. De lastberoende tiderna varierar mellan fordonen beroende på kranbilarnas lastkapacitet. De terminaltider som använts i Gille Kalkyl vid skapande av kostnadsfunktionerna visas i tabell 9, där tiderna är baserade på medelvärdet av enkäterna. De lastberoende terminaltiderna är framräknade genom att dividera tidsåtgången för respektive moment enligt enkäterna med medelvärdet av lastvolymen för de konventionella kranbilarna vid volymvikt 1000 kg/m³fub.

Tabell 9. Data på terminaltiderna insamlade genom enkäterna. De lastberoende terminaltiderna för standard kranbil samt ST-kran redovisas med tillhörande lastvolym vid volymvikt 1000 kg/m³fub.

Table 9. Terminal time according to the survey. The load-dependent terminal times for standard self-loading truck and ST-kran is reported for the loading volume at volume weight 1000 kg/m³fub.

Uppdragstyp	Arbetsmoment	Resultat enkät (min)	Fasta terminaltider (min)	Lastberoende terminaltider (min/m ³ fub)	Terminaltider (min)	
					Standard	ST
Lastvolym vid Volymvikt 1000 kg/m ³ fub	Lossning med truck (ton)				40,4	51,1
	Lossning egen kran (ton)				37,5	48,0
<u>Kran avställd</u>	Vändning + kran på	9,7	9,7		9,7	9,7
	Egentlig lastning	22,0		0,55	22,4	28,4
	Bindning m.m.	4,5	4,5		4,5	4,5
	Avställning kran	4,7	4,7		4,7	4,7
	Mätning lossning (truck)	23,8	23,8		23,8	25,8
	Spilltid, min/vända	10,6	10,6		10,6	10,6
<u>Kran på</u>	Vändning	3,4	3,4		3,4	3,4
	Egentlig lastning	22,0		0,55	20,8	26,6
	Bindning m.m.	4,5	4,5		4,5	4,5
	Avställning kran	-	-		-	-
	Mätning lossning	24,6		0,62	23,3	29,8
	Spilltid, min/vända	10,6	10,6		10,6	10,6

Tillgången av trucklossning vid mottagande industri har en avgörande roll för vilken uppdragstyp som är aktuell. Saknar mottagningsplatsen truck innebär det att samtliga transporter måste ske med kranen på under hela uppdraget. Lossningsalternativet vid respektive mottagningsplats gavs via enkätundersökningen. Av de 36 mottagningsplatserna erbjöd 9 lossning med truck dygnet runt, fyra erbjöd truckar endast under delar av dygnet och slutligen hade 23 mottagningsplatser krantvång. För mottagningsplatser där truckar endast är tillgängliga under delar av dygnet har förenklingen gjorts att detta inte begränsar avställandet av kran. Samtliga mottagningsplatser av barmassaved erbjuder lossning med truck.

Enligt enkäten var medeltransportavståndet mellan avläggen vid samlast 8 km och det var i genomsnitt ett ytterligare avlägg som besöks för att få full last. Vid skapande av kostnadsfunktionerna ökades den fasta bränsleförbrukningen och de fasta terminaltiderna med 50 % för att kompensera för det extra lastmomentet som fördelas på två avlägg, se tabell 10. Vid beräkning av transportkostnaden vid samlast ökades transportavståndet med 2 km. Kranen ställs inte av vid samlastning utan är på under hela transporten.

Tabell 10. Samlaster enligt enkäterna tillsammans med uppdateringar som gjordes för att hantera samlaster.

Table 10. Presents how the loading from multiple sites are carried out according to the survey, and which changes that were made to handle this in the cost calculations.

Svar enkäter		Hantering av samlaster	
Faktor	Resultat	Faktor	Förändring
Transportavstånd	8 km	Fasta terminaltider	+50 %
Antal avlägg	2	Fast bränsleförbrukning	+50 %
		Transportavstånd	+2 km

2.3 Kostnadsberäkningar

Syftet med fas 3 var att utföra kostnadsberäkningar för samtliga uppdragsområde och fordon för att kunna jämföra transportkostnaden mellan de befintliga konventionella kranbilarna och ST-kran i scenario 1 och 2. Kostnadsberäkningarna gjordes med de skapade kostnadsfunktionerna för transportflödet i respektive uppdragsområde.

2.3.1 Sammanställning av transportuppdrag

Datamaterialet från SDC innehållande utförda transporter sammanställdes och bearbetades inför kostnadsberäkningarna. Initialt gjordes en indelning av transportflödena med syfte att ange varje transportflödes kostnadsfunktionstillhörighet, vilket gjordes i Excel där filterverktyget användes. Filtringen gjordes efter mottagningsplats och sortiment. Detta då kostnadsfunktioner skapats för samtliga kombinationer av sortimentsgrupper och uppdragstyper. Beroende på respektive transportflödes sortimentstillhörighet delades de in i sortimentsgrupper, vilkas gemensamma volymvikter låg till grund vid skapandet av

kostnadsfunktionerna. Sortimentens respektive sortimentsgruppsstillhörighet visas i tabell 11, där sortimentsindelning är enligt Södras transporttaxa (Dacke & Forss, pers. medd. 2013).

Tabell 11. Visar vilken sortimentsgrupp och följaktligen vilken kostnadsfunktion respektive sortiment i datamaterialet tillhör. Sortimenten representeras av sortimentskoder (SSTE).

Table 11. Shows which assortment group and consequently which cost function respective assortments in the data set belongs to. Assortments are represented by assortments codes (SSTE).

Sortimentsgrupp	Talltimmer	Grantimmer	Klentimmer	Kubb/pallvirke	Ektimmer	Barrmassa	Lövmassa
Förkortning	TT	GT	Klen	Kubb	EKT	BM	LM
Sortimentskoder (SSTE)	0110	0120	2800	2600	0180	1000	1030
	0210	0220	2810	2770	0280	100T	1040
	0310	0320	2820	2736	0380	1300	1050
	0410	0420		2780	01E0	1400	1330
	0810	0200		2760		1600	1340
		0820				3550	1350
						1020	0130
						1320	0140
					1420	0170	

Sorteringen efter mottagningsplats gjordes med hänsyn till lossningsalternativet. Detta för att ange uppdragstypen för respektive transportflöde. De mottagningsplatser som erbjuder lossning med truck möjliggör avställning av kranen vilket innebär att uppdragstypen för dessa transportflöden var kran avställd alternativt samlast med lossning av truck för de samlastade transportflödena. Vid de industrier där kranen krävs för lossning är således uppdragstypen kranen på för icke samlaste flöden och samlast kran för de transportflöden som samlastats. Genom att sortera transportflödena i sortiment och mottagningsplats kunde respektive transportflödes aktuella kostnadsfunktionstillhörighet anges.

Efter att en indelning i kostnadsfunktionstillhörighet genomförts beräknades antalet lass för varje transportflöde. Till följd av skillnader i volymvikt mellan sortiment skiljer sig antalet transporterade enheter vid full lastvikt. Lastfyllnadsgraden varierade mellan de befintliga kranbilarna och ST-kran, för de befintliga användes svaret från enkäterna på 98 % vilket motsvarar en bruttovikt på 58,8 ton. För ST-kran användes medelvärdet av bruttovikten vid full last från Skogforsks uppföljningsstudie på 71,72 ton motsvarande en lastfyllnadsgrad på 96,9 % (Edlund, 2013). Genom att den sortimentsgemensamma volymvikten för varje kostnadsfunktion fastsälldes och lastvikten för fordonen var känt kunde antal enheter vid full lastvikt för de fyra olika uppdragstyperna beräknas. Detta innebar att antalet lass för varje transportflöde kunde beräknas. Antalet hela lass för varje transportflöde beräknades vilket innebar att ofullständiga lass uppstod. För att hantera dessa kvarvarande flöden skapades en ny kolumn vari de ofullständiga lassen placerades. Datamaterialet placerades i en pivottabell där en utsortering gjordes med virkesordernummer i rader och sortiment i

kolumnerna där en filtrering gjordes av mottagningsplatserna. Detta innebar att transportflöden från samma virkesorder transporterade till samma mottagningsplats summerades. I de fall då full last uppnåts när flera transportflöden från samma virkesorder summerats gjordes en manuell korrigering av datamaterialet för att undvika att dessa flöden beräknas som samlaster. De kvarvarande flödena som efter denna hantering var mindre än ett lass beräknades med kostnadsfunktionerna för samlast.

Scenario 1 (endast ST-kran) hanterades enligt beskrivningen ovan. Scenario 2 (kombination med befintlig kranbil) hanterades snarlikt med undantag för de transportflöden som innebar samlaster för ST-kran vilka istället transporterades av den befintliga konventionella kranbilen. Till följd av den mindre lastvolymen hos de befintliga kranbilarna fick antalet fulla lass beräknas för de transportflöden som innebar samlaster för ST-kran. Tillvägagångssättet för sammanställning av transportflödena för de befintliga konventionella kranbilarna skiljde sig. Eftersom datamaterialet som beställdes från SDC innehöll attributen samlast gav detta en ökad precision i angivningen av uppdragstyp för transportflöden för de befintliga kranbilarna. Det upptäcktes dock att endast ett fåtal av mottagningsplatserna registrerade samlast vid inmätning. Vilket innebar att metodiken beskriven ovan fick utföras för dessa transportflöden som inmätts vid mottagningsplatser där samlaster inte registreras. Transportflödena till de mottagningsplatser som registrerar samlast vid inmätning och som inte samlastats antogs vara fulla lass och beräknades enligt kostnadsfunktionerna för hela lass. Även de transportflöden som registrerats som samlastade fick korrigeras då transporter där två sortiment från samma virkesorder som mäts in samtidigt vid mottagnade industri registreras som samlastade. Vilket inte överensstämmer med definitionen av samlast i denna studie.

När bearbetningen av data för varje uppdragsområde var genomförd placerades de i en gemensam fil. Det sammanställda datamaterialet var nu uppdelat i en fil för respektive befintlig kranbil och uppdragsområde och en fil för respektive uppdragsområde och scenario för ST-kran.

2.3.2 Kostnadsberäkningar med skapade kostnadsfunktioner

När sammanställningen av transportflödena var genomförd med avseende på uppdragstyp och sortiment beräknades transportkostnaden för transportflödena med hjälp av de skapade kostnadsfunktionerna för respektive sortimentsgrupp. Initialt infogades samtliga kostnadsfunktioner för respektive fordon in i Excel-filen. Med hjälp av filterverktyget sorterades sedan rätt kostnadsfunktion till det specifika transportflödet, där kostnadsfunktionerna för uppdragstyperna kran på och kran avställd användes för de hela lassen. Kostnadsfunktionerna för samlast kopplades i sin tur till de ofullständiga lassen. Varpå transportkostnaden per m^3 fub för flödet beräknades genom att multiplicera kostnadsfunktionernas rörliga del med transportavståndet och sedan addera den fasta delen. Transportkostnaden för transportflödet beräknades sedan genom att transportkostnaden per m^3 fub multiplicerades med antalet m^3 fub i respektive flöde. Vid beräkning av

transportkostnaden för samlast adderades 2 km på transportavståndet för uppdraget för att kompensera för det ökade transportsträckan som uppstår vid samlasterna.

Transportkostnaden för de samlastade lassen och de hela lassen summerades därefter varpå en total transportkostnad för uppdragsområdet och respektive fordon gavs.

En känslighetsanalys genomfördes för att analysera känsligheten i kostnadsfunktionernas utdata vid förändring av indata med 10 %. Kostnadsfunktionerna för barmassa för ST-kran och standard konventionell kranbil med kranen avställd valdes för analysen eftersom störst transportflöde var kopplat till denna kostnadsfunktion. Kostnaden för uppdraget beräknas för en laststräcka på 100 km. Känslighetsanalysen genomfördes genom att förändra utvald indata var för sig, där de faktorer som undersöktes presenteras i tabell 12.

Tabell 12. Definition av faktorer som ingick i känslighetsanalysen med tillhörande beskrivning av hur de förändrades i analysen. Förändringsgraden var +10 % i analysen.

Table 12. Definition of factors that were included in the sensitivity analysis along with a description of how they were altered in the analysis. The change rate was +10 % in the analysis.

Faktor	Förklaring
Investeringskostnaden	Ökning av investeringskostnad för samtliga fordonsenheter
Däckkostnader	Ökning av kostnaden för regumnering och investeringskostnad
Lönekostnader	Ökning av totala lönekostnaden (kr/år)
Drivmedelsförbrukning	Ökning av drivmedelsförbrukningen (l/mil)
Drivmedelskostnad	Ökad bränslekostnad (kr/liter)
Terminaltider	Ökning av samtliga terminaltider
Transportmiljön	Omfördelning av sträcka där 10 % från vägklasserna 4-5 flyttas till 1-2
Genomsnittlig bruttovikt (vid full last)	Ökning av genomsnittlig bruttovikt vid full last
Tjänstevikt	Ökning av tjänstevikten för bil och släp
Drifttimmar/år	Ökning av antal drifttimmar per år.
Transportavstånd	Ökning av transportavståndet (ursprunglig kostnadsfunktion)

2.3.3 Förslag på område för införande av ST-kran

Resultatet från kostnadsberäkningarna sammanställdes för respektive lastbil och uppdragsområde. Skillnader i transportkostnad mellan befintliga konventionella kranbilar och scenario 1 och 2 beräknades och visualiserades i figurer. Förslag på införande av ST-kran gjordes för den kombination av uppdragsområde och scenario som innebar störst besparingspotentialen av transportkostnaden.

3. Resultat

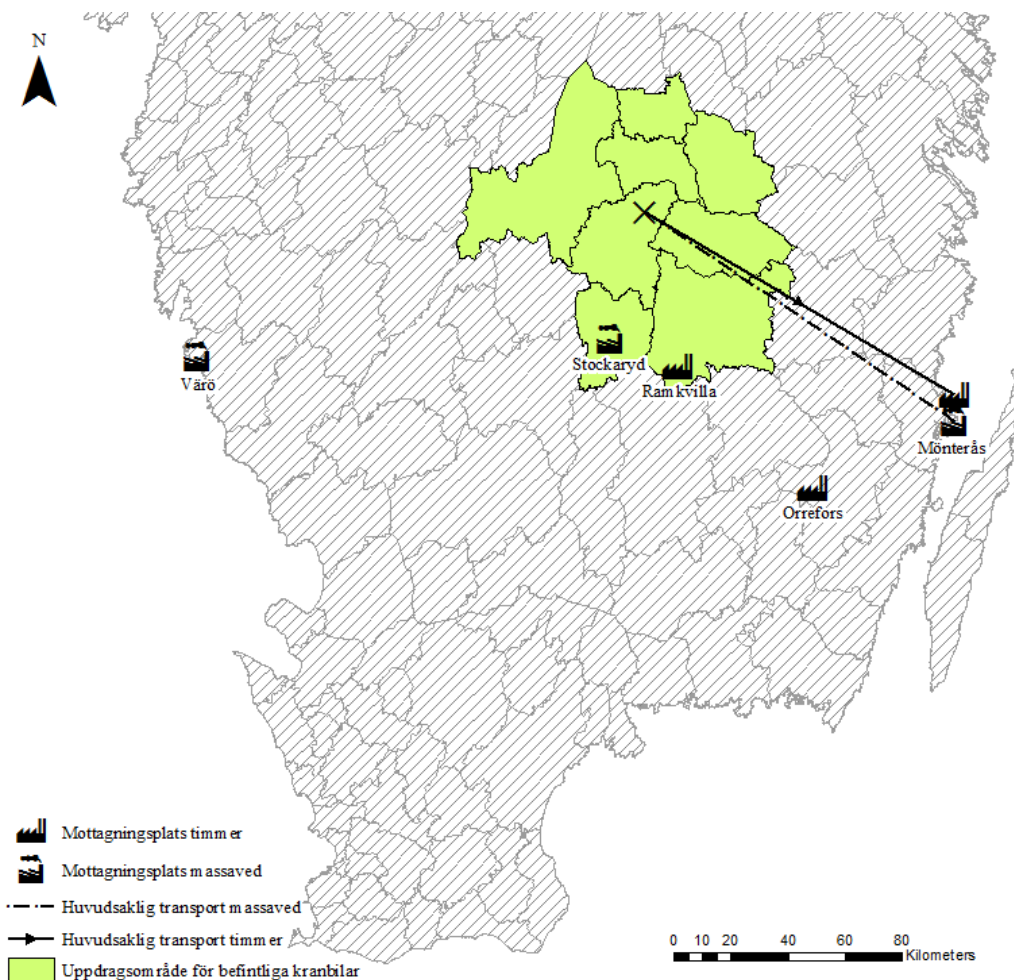
3.1 Kartläggning av transportuppdrag

Det huvudsakliga transportflödet från de fyra uppdragsområdena gick till kombinatet i Mösterås. Av den totala transporterade volymen transporterades 62 % till Mösterås, vilket motsvarade 78 % av den totala massaveden och 47 % av timret. Södras sågverk i Ramkvilla var den näst största mottagaren av timmer och tog emot 26 % av volymen. Virkesterminalen i Stockaryd tog emot 10 % av massaveden.

Tabell 13. Transporterad volym till de tre huvudmottagarna av massaved och timmer mellan oktober 2012 till oktober 2013 från samtliga fyra uppdragsområden.

Table 13. Volume transported to the three main recipients of pulpwood and timber between October 2012 to October 2013 from all four assignment areas.

Sortiment	Mottagningsplats	Transporterad volym från samtliga uppdragsområden	
		m ³ fub	%
Timmer	MÖNSTERÅS SÅG-SÖDRA	41 364	47
	RAMKVILLA-SÖDRA	23 158	26
	ORREFORS-SÖDRA	7 315	8
	ÖVRIGA	16 605	19
Massaved	MÖNSTERÅS-SÖDRA	65 759	78
	STOCKARYD NORD	8 281	10
	VÄRÖ BRUK-SÖDRA	5 745	7
	ÖVRIGA	4 321	5



Figur 3. De tre största mottagningsplatserna för timmer respektive massaved. Massavedens huvudsakliga transportflöde är streckat och timret är heldraget i kartan. Mönsterås kombinat var mottagare av det huvudsakliga transportflödet.

Figure 3. The three main reception sites for timber and pulpwood. The main pulpwood transport flow is dashed and the timber is solid lines in the map. Mönsterås combined facility was the recipient of the main transport flows.

De huvudsakliga transportflödena transporterade av de befintliga kranbilarna var grantimmer och barmassa, vilka tillsammans stod de för 72 % av den totala volymen. Andelen av transportererna då kranen är på under hela uppdraget varierar mellan sortimenten där transportflöden för timmer i högre omfattning kräver lossning med egen kran. För massaveden var det endast en mindre del som kräver lossning med egen kran och det var timmersortimenten som tillhör sortimentsgruppen LM. I de kranlossade transportflödena inkluderades de samlastade flödena där lossning utförts med kranen. För de transportflöden där kranen inte använts vid lossning har således lossningen utförts med truck, även vid samlast. Volymvägt medeltransportavstånd varierar mellan 123,3-137,1 km mellan uppdragsområdena, kortast transportavstånd återfinns för klintimmer och längst transportavstånd för kubb och ektimmer. Avläggsstorleken varierade mellan uppdragsområdena där lägst medelvolymer återfanns i område 2 där volymen var 132,8 m³ fub per virkesorder. Andelen samlast var likartad mellan uppdragsområdena och varierade endast 3,2 % mellan område 1 som hade störst andel och område 2 som hade minst.

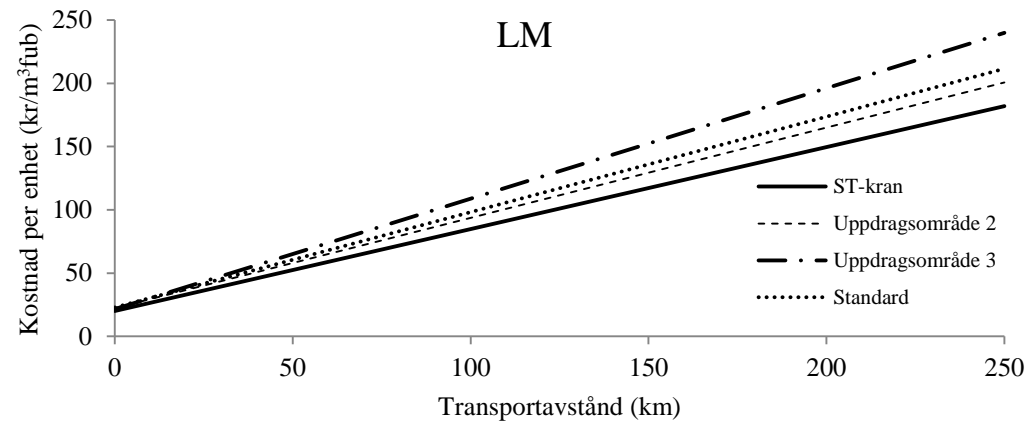
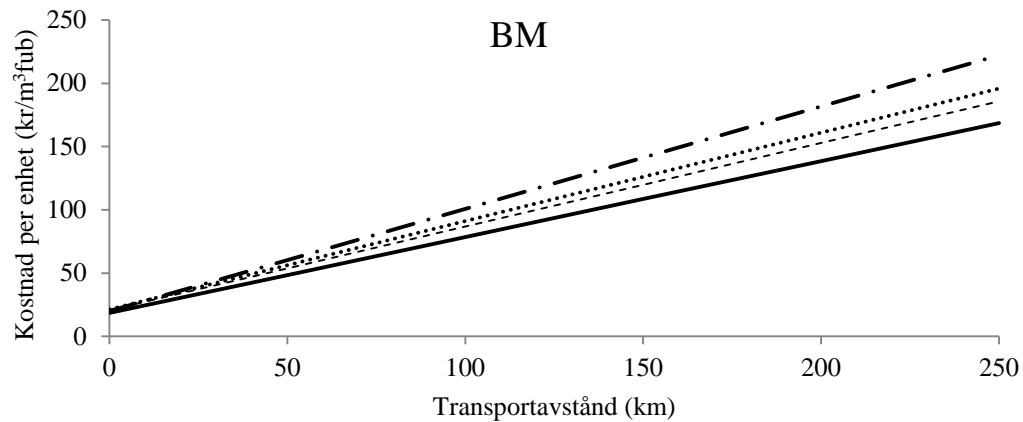
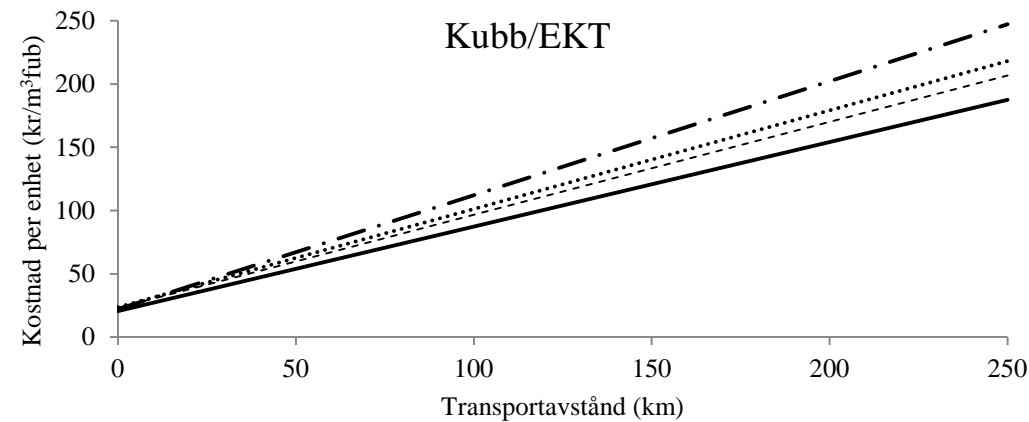
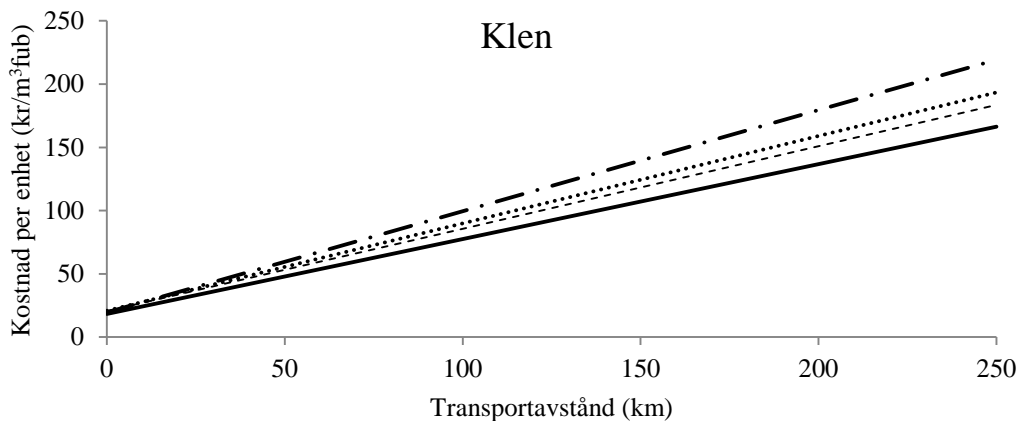
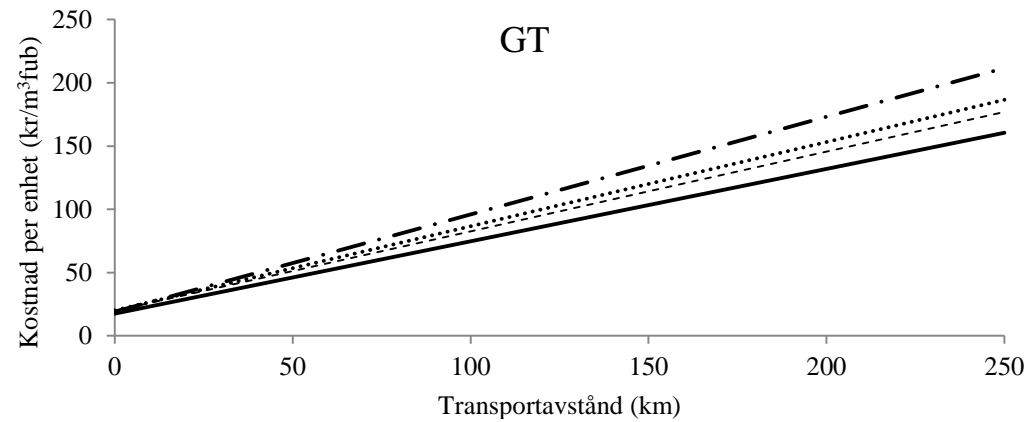
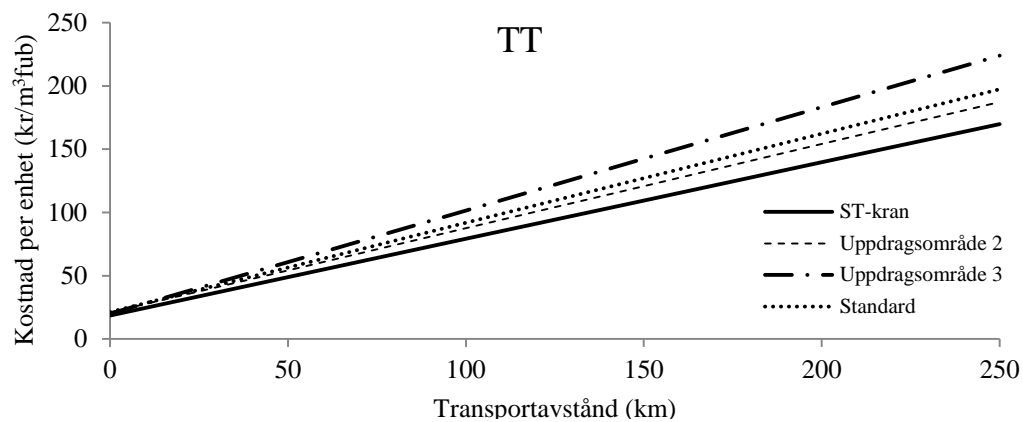
Tabell 14. Kartläggning av transportflöden för de befintliga kranbilarna där flödena har sammanställts för respektive sortimentsgrupp samt ett volymvägt medel för varje uppdragsområde.
Table 14. Identification of transport flows for the current self-loading trucks where the flows have been compiled for each assortment group as well as a volume-weighted average for each assignment area.

Uppdrags- område	Sortiments- grupp	Volym (m ³ fub)	Volym per virkesorder (m ³ fub)	Volymvägt medel- transportavstånd (km)	Lossning med egen kran (%)	Samlast (%)
1	TT	2240	38,0	115,2	18,4	17,9
	GT	9170	125,6	131,2	23,5	5,8
	Klen	1331	37,0	91,5	100,0	62,7
	EKT	110	18,3	148,3	100,0	100,0
	BM	14575	86,2	120,1	0,0	22,6
	LM	4978	42,2	129,8	0,0	33,5
	Summa	32404	-	-	-	-
	Medel	-	132,8	123,3	12,4	21,1
2	TT	3067	47,2	118,5	41,4	12,9
	GT	11362	140,3	128,0	23,3	6,6
	Klen	2367	39,4	112,1	95,1	44,3
	Kubb	287	71,8	228,8	100,0	22,4
	EKT	1189	25,3	174,3	100,0	58,8
	BM	14391	137,1	137,4	0,0	14,7
	LM	4911	46,8	167,0	14,2	33,6
	Summa	37572	-	-	-	-
Medel	-	176,4	137,1	22,2	17,9	
3	TT	3342	25,7	104,9	61,3	32,7
	GT	24013	125,7	132,9	49,1	8,6
	Klen	7449	43,3	110,6	97,9	41,3
	Kubb	102	33,8	165,3	8,5	21,6
	EKT	375	23,5	171,0	100,0	61,9
	BM	23157	97,3	121,0	0,0	18,9
	LM	4396	34,3	146,3	5,0	37,5
	Summa	62834	-	-	-	-
Medel	-	147,5	125,6	34,6	19,9	
4	TT	2280	33,5	128,8	35,6	21,6
	GT	14729	145,8	131,6	39,1	7,2
	Klen	2692	35,4	90,3	98,9	50,7
	Kubb	368	73,7	202,4	96,5	18,3
	EKT	526	17,5	176,3	100,0	69,0
	BM	12213	96,9	132,5	0,0	17,1
	LM	6161	57,0	143,9	6,9	26,8
	Summa	38970	-	-	-	-
Medel	-	175,5	132,1	27,1	18,1	

3.2 Kostnadsberäkningar med skapade kostnadsfunktioner

Totalt skapades 168 kostnadsfunktioner, där 84 funktioner användes för att beräkna transportkostnaden för uppdrag då kranen var på respektive då kranen var avställd. Resten av kostnadsfunktionerna användes för att beskriva samlastar.

Figur 4 visar att grantimmer har lägst kostnad per transporterad m^3 fub till följd av den lägre volymvikten vilket tillåter ett större antal enheter vid fullt lass. Kubb och ektimmer har högst kostnad per m^3 fub, dock transporterades huvuddelen av dessa sortiment tillsammans med kientimmer med kranen på under hela uppdraget. Transportkostnaden per m^3 fub för ST-kran vid transport av grantimmer var ca 14 % lägre än vid transport av kubb och ektimmer. Högst transportkostnad per m^3 fub ges med den befintliga kranbilen i uppdragsområde 3 och lägst kostnad ges med ST-kran. Kostnadsfunktionerna för de befintliga kranbilarna i uppdragsområde 1 och 4 exkluderades från diagramen i figur 4 eftersom de båda låg i intervallet mellan standard kranbilen och den befintliga kranbilen i uppdragsområde 2.



Figur 4. Kostnaden per transporterad enhet för samtliga kostnadsfunktioner för uppdragstypen: kranen avställd. Kostnadsfunktionerna för uppdragsområde 1 och 4 ligger mellan standard kranbilen och befintlig kranbil i uppdragsområde 2 och valdes att inte visualiseras i figuren.

Figure 4. Transport cost per unit for each cost function for the assignment type: crane left at the site. Cost function for the assignment area 1 and 4 lies between the standard self-loading truck and the current self-loading truck in assignment area 2 and are therefore not visualized in the figure.

Tabellen 15 visar att det förekommer en ökad andel samlastar för ST-kran i scenario 1 (endast ST-kran) gentemot den konventionella standard kranbilen. Störst är skillnaden för kientimmer där ST-kran samlastar 13 % mer av volymen än den konventionella motsvarigheten. Minst är skillnaden vid transport av massaved, där ökningen endast är 3 % vid transport av lövmassan. Kostnadsfunktionerna för ST-kran ger en genomgående lägre transportkostnad än den konventionella motsvarigheten vilket visualiseras i tabellen.

Tabell 15. Kostnader för uppdragstyperna för de huvudsakliga sortimentsgrupperna. Transporterad volym med respektive kostnadsfunktion för scenario 1 (endast ST-kran) och standard konventionell kranbil baserat på total transporterad volym för samtliga uppdragsområde. Den samlastade volymen är summerad för båda uppdragstyperna vid samlast där kostnadsfunktionen vid kranlossning är presenterad.

Table 15. Cost for the assignment types for the main assortment groups. Transported volumes with each cost function for scenario 1 (ST-crane alone) and standard conventional truck based on total volume for all assignment areas. The volume loaded from multiple sites is summarized for both assignment types and the cost function for crane unloading is presented.

Sortiments- grupp	Fordon	Uppdragstyp	Kostnad		Transporterad Volym (%)
			Fast (kr/m ³ fub)	Rörlig (kr/m ³ fubkm)	
BM	Konventionell (Standard)	Kran avställd	21,20	0,699	82
		Samlast	23,56	0,756	18
		Kran på	20,43	0,753	0
	ST-kran	Kran avställd	18,48	0,601	78
		Samlast	20,22	0,642	22
		Kran på	18,42	0,640	0
GT	Konventionell (Standard)	Kran avställd	20,19	0,666	59
		Samlast	22,44	0,719	7
		Kran på	19,46	0,717	33
	ST-kran	Kran avställd	17,60	0,572	54
		Samlast	19,25	0,611	15
		Kran på	17,54	0,610	31
Klen	Konventionell (Standard)	Kran avställd	20,93	0,690	1
		Samlast	23,17	0,746	45
		Kran på	20,16	0,743	54
	ST-kran	Kran avställd	18,24	0,593	0
		Samlast	20,56	0,634	58
		Kran på	18,18	0,632	42
LM	Konventionell (Standard)	Kran avställd	22,89	0,754	65
		Samlast	25,43	0,815	32
		Kran på	22,05	0,813	2
	ST-kran	Kran avställd	19,94	0,648	64
		Samlast	21,82	0,693	35
		Kran på	19,88	0,691	1

3.3 Förslag på uppdragsområde för införande av ST-kran

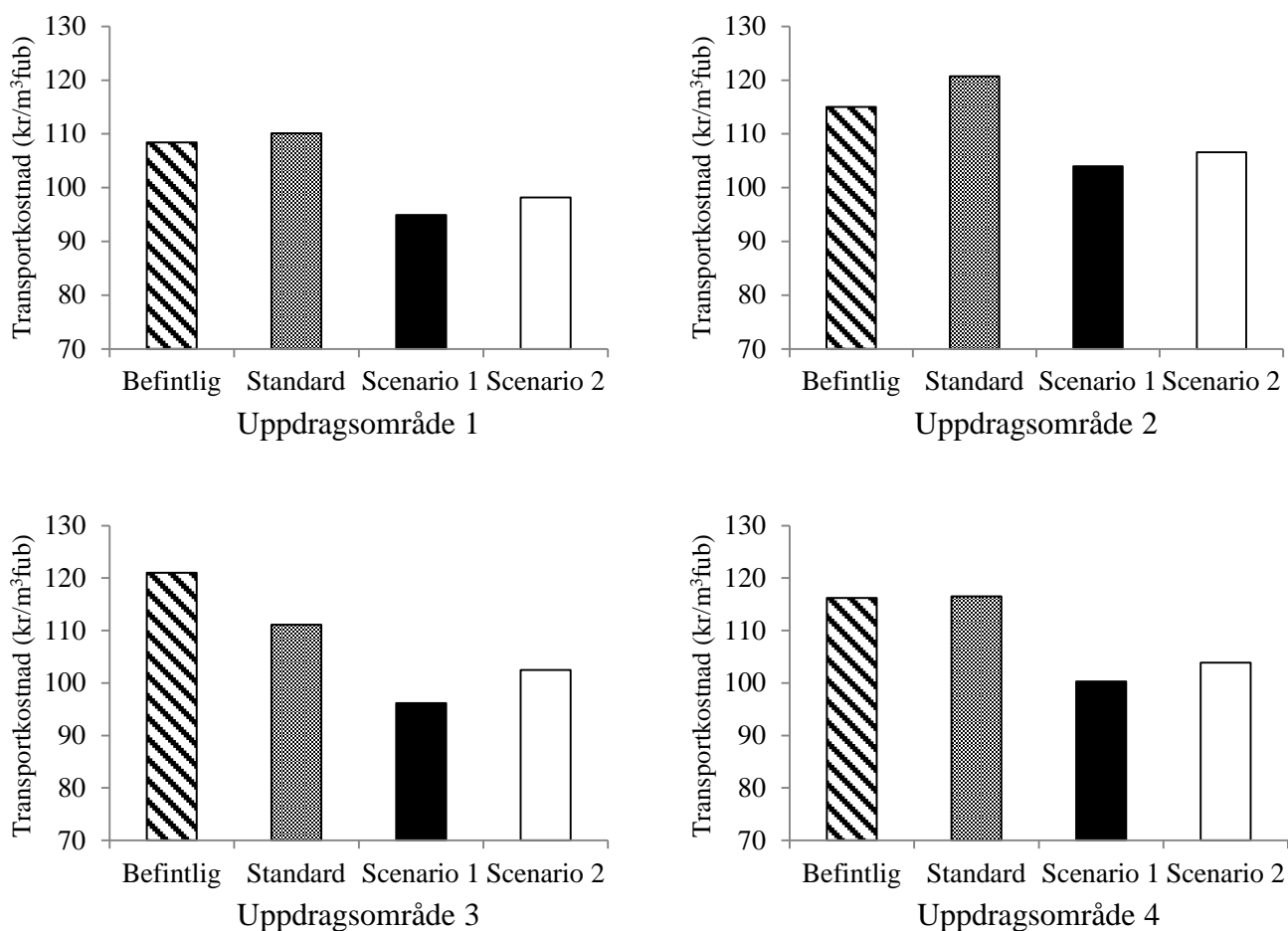
Lägst transportkostnad genererades med ST-kran i scenario 1 (endast ST-kran). De befintliga konventionella kranbilarna gav den högsta totala transportkostnaden för samtliga uppdragsområde på 116,2 kr/m³fub. Totalt för samtliga uppdragsområden genererade ST-kran i scenario 1 en reducerad transportkostnad på 17,6 kr/m³fub jämfört med de befintliga kranbilarna. Störst var skillnaden i uppdragsområde 3 där reduktionen var 24,8 kr/m³fub. Lägst var skillnaden i uppdragsområde 2 där motsvarande reduktion var 11,0 kr/m³fub. Transportkostnaden var högst i uppdragsområde 2 för samtliga fordon med undantag för de befintliga kranbilarna där kranbilen i uppdragsområde 3 genererade den högsta kostnaden på 121,0 kr/m³fub. Detta trots att det volymvägda medeltransportavståndet här var 11,5 km kortare än för uppdragsområde 2. Scenario 1 i uppdragsområde 2 och 3 påvisade en transportkostnad som var 7,8 kr/m³fub lägre i uppdragsområde 3.

Tabell 16. Transportkostnaden per m³fub för respektive uppdragsområde och fordon samt det volymvägda medeltransportavståndet.

Table 16. Transport cost per m³fub for each assignment area and truck. The volume weighted average transport distance for each area.

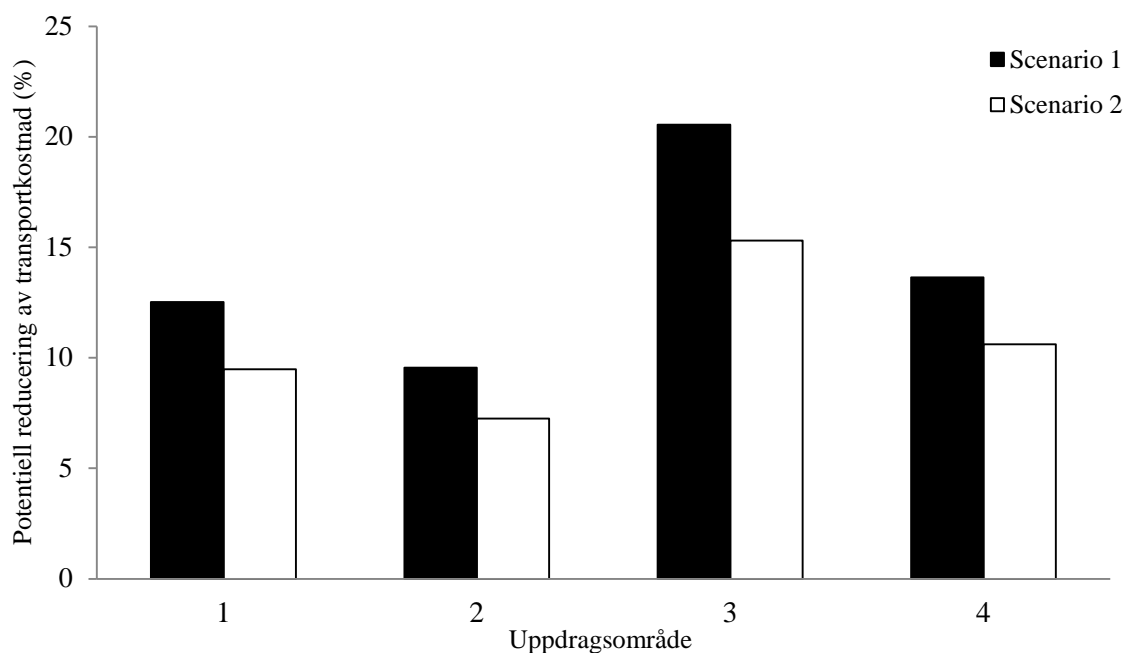
Uppdrags- område	Transportkostnad (kr/m ³ fub)				Volymvägt medeltransportavstånd (km)
	Konventionella		ST-kran		
	Befintlig	Standard	Scenario 1	Scenario 2	
1	108,4	110,1	94,9	98,2	123,3
2	115,0	120,7	104,0	106,6	137,1
3	121,0	111,1	96,2	102,5	125,6
4	116,2	116,5	100,3	103,9	132,1
Medel	116,2	114,2	98,6	102,9	129,2

Standard kranbilen gav lägre kostnader endast i uppdragsområde 3 där reduktionen var drygt 8,2 % jämfört med befintlig kranbil. I uppdragsområde 2 innebar standard kranbilen 5 % högre transportkostnad i jämförelse mot den befintliga kranbilen. Transportkostnaden för scenario 2 (kombination med befintlig kranbil) var genomgående något högre än scenario 1 (endast ST-kran). Skillnaden mellan scenario 1 och 2 var störst i uppdragsområde 3 där scenario 2 var 6,3 kr/m³fub dyrare vilket motsvarade en ökning på 6,5 %. Skillnaden var minst i uppdragsområde 2 där scenario 2 var 2,6 kr/m³fub dyrare vilket motsvarade en ökning med 2,5 %.



Figur 5. Transportkostnaden per m^3fub för befintliga och standard kranbilar samt ST-kran i scenario 1 (endast ST-kran) och scenario 2 (kombination med befintlig kranbil) för samtliga uppdragsområde.
 Figure 5. Transport cost per m^3fub for the current and standard conventional self-loading trucks and ST-kran in scenario 1(ST-kran alone) and scenario 2 (combination with current trucks) for each assignment area.

Störst kostnadsbesparing uppnåddes i uppdragsområde 3 med scenario 1, där potentiell reducering av transportkostnaden uppgick till drygt 20,6 %, se figur 6. Lägst besparing uppnåddes i område 2 där den uppgick till 9,6 %. Även för scenario 2 uppnåddes störst besparing i uppdragsområde 3 men här uppgick besparingspotentialen till drygt 15 %. Enligt resultatet bör ST-kran införas enligt scenario 1 i uppdragsområde 3 för att tillvarata högst besparingspotential. Besparingspotentialen för de övriga uppdragsområdena varierar mellan 9,6 – 13,6 % för scenario 1 och mellan 7,2 och 10,6 % för scenario 2.



Figur 6. Potentiell reduceringen av transportkostnaden per m³fub för uppdragsområdena vid införande av ST-kran. De fyllda staplarna representerar scenario 1 (endast ST-kran) och de vita staplarna scenario 2 (kombination med befintlig kranbil).

Figure 6. Potential reduction of transport cost per m³fub for each assignment area when introducing ST-kran. The solid bars represent scenario 1 (ST-kran alone) and the white bars scenario 2 (combination with current trucks).

Känslighetsanalysen visar att förändringar som påverkar nyttolasten har störst effekt på transportkostnaden, se tabell 18. En ökning av genomsnittlig bruttovikt vid full last med 10 % innebar en reducering av transportkostnaden på 11,4 % för ett transportuppdrag med transportavstånd på 100 km för ST-kran. En ökning av tjänstevikten gav en ökad transportkostnad med 4,5 %. En ökning i drifttimmarna per år innebar en reducerad transportkostnad på 5,3 %. Däckkostnader hade minst påverkan på transportkostnaden.

Tabell 17. Känslighetsanalys för ST-kran för ett antal faktorer med en förändringsgrad på +10 %. Vid kostnadsberäkning per transporterad m³fub används ett transportavstånd på 100 km.

Kostnadsfunktionen för BM med avställd kran har använts i analysen.

Table 17. Sensitivity analyzes for ST-kran for a number of factors with a change rate of +10 %. When calculating the transport cost per m³fub a distance of 100 km was used. Cost function for softwood pulp with crane left at loading site was used for the analysis.

ST-kran		Kostnader			Effekt
Faktor	Förändringsgrad (%)	Fast (kr/m ³ fub)	Rörlig (kr/m ³ fubkm)	Totalt (kr/m ³ fub) (100 km)	Resultat av förändring (%)
Investeringskostnaden	10	18,73	0,611	79,85	1,7
Däckkostnader	10	18,48	0,602	78,72	0,2
Lönekostnader	10	19,55	0,620	81,52	3,8
Bränsleförbrukning	10	18,54	0,623	80,86	3,0
Bränslekostnad	10	18,72	0,621	80,85	2,9
Terminaltider	10	19,65	0,603	79,94	1,8
Transportmiljön	10	18,30	0,597	77,98	-0,7
Genomsnittlig bruttovikt (vid full last)	10	16,29	0,533	69,56	-11,4
Tjänstevikt	10	19,28	0,628	82,08	4,5
Drifttimmar/år	10	17,17	0,572	74,38	-5,3
Transportavstånd	10	18,48	0,601	78,54	7,6

Känslighetsanalysen för den konventionella standard kranbilen påvisade resultat i likhet med ST-kran, se tabell 18. Ökningar kopplade till nyttolast hade störst påverkan på transportkostnaden i enlighet med känslighetsanalysen för ST-kran. En ökning i genomsnittlig bruttovikt vid full last gav en reduktion på 12 % och en kostnadsökning med 5,1 % då tjänstevikten ökades.

Tabell 18. Känslighetsanalys för den konventionella standard kranbilen med ett antal faktorer med en förändringsgrad på +10 %. Vid kostnadsberäkning per transporterad m³fub används ett transportavstånd på 100 km. Kostnadsfunktionen för BM med avställd kran användes i analysen.
Table 18. Sensitivity analyzes for standard conventional self-loading truck with a number of factors with a change rate of +10 %. When calculating the transport cost per m³fub a distance of 100 km was used. Cost function for softwood pulp with crane left at loading site was used for the analysis.

Konventionell (Standard)		Kostnader		Effekt	
Faktor	Förändringsgrad (%)	Fast (kr/m ³ fub)	Rörlig (kr/m ³ fubkm)	Totalt (kr/m ³ fub) (100 km)	Resultat av förändring (%)
Investeringskostnaden	10	21,46	0,710	92,42	1,4
Däckkostnader	10	21,21	0,701	91,26	0,2
Lönekostnader	10	22,45	0,723	94,72	4,0
Bränsleförbrukning	10	21,27	0,726	93,90	3,1
Bränslekostnad	10	21,51	0,724	93,91	3,1
Terminaltider	10	22,53	0,701	92,62	1,7
Transportmiljön	10	21,01	0,695	90,48	-0,7
Genomsnittlig bruttovikt (vid full last)	10	18,59	0,616	80,18	-12,0
Tjänstevikt	10	22,25	0,735	95,71	5,1
Drifttimmar/år	10	19,74	0,666	86,33	-5,2
Transportavstånd	10	21,20	0,699	91,11	7,7

4. Diskussion

4.1 Granskning av material och metod

4.1.1 Skapande av kostnadsfunktioner

Gille Kalkyl valdes som kalkylverktyg vid skapande av kostnadsfunktionerna i studien. Anledningen till att Gille Kalkyl valdes framför andra liknande kalkylverktyg är att Gille Kalkyl genererar tariffer eller i detta fall kostnadsfunktioner direkt. Användandet av kostnadsfunktioner för att beräkna transportkostnaden för de olika fordonen i studien ansågs vara det mest lämpliga metodiken för studien. Andra kalkylprogram som SÅcalc genererar pristabeller utifrån vilka det är svårt att generera kostnadsfunktioner. Därför ansågs SÅcalc vara mindre lämpligt för denna studie.

4.1.2 Kalkylparametrar

Data som insamlades för att uppdatera kalkylparametrarna i Gille Kalkyl ansågs vara tillfredställande för skapandet av kostnadsfunktionerna. Merparten av parametrarna är givna från Södra Skog och är baserade på faktisk data för de befintliga kranbilarna i uppdragsområdena. Investeringskostnaden och tjänstevikterna på dragbilen och kranen för ST-kran är de baserade på erfarenhetstal. För att komplettera detta data med parametrar för ST-kran kontaktades utvald kompetens i branschen. Genom kontakt med Skogforsk erhöles data från uppföljning av ett ST-kran ekipage i en närliggande geografi (Edlund, 2013), vilket ansågs ge ett bra underlag för bränsleförbrukning och genomsnittlig bruttovikt. Eventuella över- och underskattningar anses dock jämnas ut för ekipaget varpå totalsumman för ST-kran anses vara rimligt.

4.1.3 Förutsättning vid transporter

Samma skifttyp användes vid skapande av samtliga kostnadsfunktioner där antalet drifttimmarna per år baserades på medelvärdet från uppdragsområdena. Detta trots att den verkliga skifttypen i uppdragsområdena har haft en annan utformning. Uppdragsområde 3 tillämpar en skifttyp med 4 chaufförer vilket innebär högre antal drifttimmar per år, där den skifttyp som används i studien innebär 23 % färre drifttimmar per år. Med den valda skifttypen är den transporterade volymen i datamaterialet för uppdragsområde 3 inte möjligt till följd av kapacitetsbegränsningar hos de skapade kostnadsfunktionerna i form av antal transporterade enheter per år. Därför har kostnaden beräknats per transporterad enhet då den är oberoende av den totala transporterade volymen. För att möjliggöra en jämförelse under likartade förutsättningar mellan uppdragsområdena användes samma skifttyp och medelvärdet av drifttimmarna vilket innebar att skillnader mellan uppdragsområden som skulle uppstått till följd av personalavgångar motverkades. Skillnaderna mellan de verkliga skifttyperna och den skifttyp som använts i studien innebär att resultatet kan bli något över- och underskattad för uppdragsområdena. En utökning i antalet drifttimmarna per år leder enligt känslighetsanalysen till lägre transportkostnad. Detta samtidigt som en utökning i antalet chaufförer leder till ökade lönekostnader vilket enligt känslighetsanalysen leder till en högre transportkostnad.

Volymvikterna som användes anses vara en bra uppskattning för de säsongsvariationer och geografiska skillnader med vilka virkets volymvikt varierar. Dock var volymvikterna för klen-, gran- och talltimmer baserade på omvandlingstal och studier utförda i mellersta Sverige där skillnader mot studiens geografi kan förekomma. Dessa volymvikter ansågs ha tillräcklig precision för studiens syfte. Vid beräkning av antalet enheter vid full last användes volymvikten för respektive sortimentsgrupp. Full last ansågs vara den genomsnittliga bruttovikten minus tjänstevikten av fordonet. Där antalet enheter för respektive fordon och sortiment beräknades för sortimentsgruppernas olika volymvikter. Hänsyn togs därför inte till begränsningar i volymen som lastbärarna kan hantera vilket innebär att antalet enheter vid full last troligen överskattat för sortimenten med lägst volymvikt. Men eftersom full lastvikt utgick från den genomsnittliga bruttovikten vid full last antas att viss höjd har tagits för att kompensera för detta.

4.1.4 Genomförande av transporter

Enkätundersökningen utformades för att samla in data för att beskriva genomförandet av transporter. Vid besvarandet av enkäten uppstod vissa misstolkningar av respondenterna men eftersom enkäten utfördes via telefon hade intervjuaren möjlighet att förklara vad som efterfrågades. Det kvarstår dock utrymme för vissa misstolkningar vilket gör att en del av den använda indata till beräkningarna kan ifrågasättas. I efterhand skulle en något mer genomarbetad enkät framställas, innehållande exempel och ytterligare förklaringar till tabellerna. Det var framförallt vid besvarande av transportmiljön som respondenterna hade svårigheter att förstå exakt vad som efterfrågades. Svaren för terminaltider, transportmiljön och samlaster är baserade på respondenternas uppskattade värden vilket innebär att precisionen i data beror på respondentens förmåga att uppskatta verkligheten. Medelvärden från de fyra uppdragsområdena användes vid skapandet av kostnadsfunktionerna.

Vid skapandet av kostnadsfunktionerna har det inte tagits hänsyn till variationer i transportmiljön mellan uppdragsområdena. Ett medelvärde för alla uppdragsområde ansågs ge en tillräckligt bra uppskattning för att beräkna och jämföra transportkostnaden för fordonen i studien. Känslighetsanalysen påvisade att en förändring på 10 % inte leder till någon större skillnad i jämförelse mellan konventionella kranbilen och ST-kran, där förändringen innebar en kostnadsreducering 0,7 % för båda fordonen. Detta innebär att studiens syfte uppfylls med beskrivningen av transportmiljön även om transportkostnaden inte överensstämmer med verkligheten till följd av en felaktig transportmiljö.

Huruvida den beskrivning av samlast som gjorts i studien lett till en allt för fördelaktig eller restriktiv hantering av samlast för det enskilda uppdragsområdet går att diskutera. Det är svårt att fastslå om de modifikationerna som gjordes av kostnadsfunktionerna för samlast involverade tillräckligt med parametrar för att kunna ge en tillfredställande beskrivning av effekten av samlast. Dock anses de ökningarna av terminaltider, bränsleförbrukningen och transportavstånd som gjorts ge en tillräckligt bra beskrivning av samlaster för att effekterna skall vara påtagliga och möjliggöra jämförelser mellan fordonen i studien.

4.1.5 Datainsamling och kartläggning av transportuppdrag

Datamaterial som beställdes från SDC innehöll transporter utförda av de befintliga kranbilarna aggregerat på virkesorder, sortiment och mottagningsplats. Förhoppningen från början var att vid beräkning av transportkostnaden för de befintliga kranbilarna använda data uppdelad på varje enskild utförd transport för att på så vis kunna beräkna kostnaden för verkliga transportuppdrag. Dessa skulle sedan jämföras mot transportkostnaden för ST-kran där en ruttplanering av det aggregerade datamaterialet genomförts. Syftet med ruttplaneringen var att möjliggöra en bättre beskrivning av transporterna där hänsyn skulle tas till position och tid då avlägget är tillgänglig för transport. Positionen av avläggen skulle användas för att beräkna avståndet mellan avläggen vid samlast, vilket skulle ge en bättre beräkning av kostnaden för samlast. I studien har tiden inte inkluderats som en faktor vilket innebär att det antogs att det fanns en jämn tillgång till avlägg för transport. Detta innebär att ingen analys gjorts över tillgängligheten av transportuppdrag, där man kan tänka sig att den ökade transportkapaciteten för ST-kran kan resultera i begränsning av tillgängliga transporter. Detta utökade datamaterial rymdes dock inte inom studiens omfattning. Det aggregerade datamaterialet tillsammans med vald metodik anses ha gett tillräckligt bra resultat för jämförelsen mellan ST-kran i de olika scenariona och de befintliga kranbilarna.

4.2 Tolkning av resultatet

4.2.1 Kostnadsberäkningar med skapade kostnadsfunktioner

Känslighetsanalysen konstaterade de faktorer som har störst påverkar på transportkostnaden enligt kostnadsfunktionerna. Faktorer som påverkar nyttolasten har störst inverkan på transportkostnaden där en ökning av genomsnittlig bruttovikt ledde till störst kostnadsförändring. En ökning av tjänstevikten leder till en sänkt nyttolast vilket resulterar i en ökad transportkostnad. Denna ökning var störst för den konventionella standard kranbilen. Ur känslighetsanalysen framgår att förändring av nyttolasten har störst effekt på transportkostnaden för fordon med en lägre nyttolast. De övriga faktorerna påvisade inga större skillnader i resultat mellan konventionell kranbil och ST-kran.

Vid granskning mot gällande transporttaxa hos Södra Skog har kostnadsfunktionerna i studien genererat något högre kostnader per enhet. En av de viktigaste orsakerna till den högre kostnaden är beskrivningen av transportmiljön, där transportsträckorna på vägklasserna 4 och 5 troligen är överskattade. Vidare har drifttimmarna per år troligen underskattats något till följd av valet att använda medelvärdet för de fyra uppdragsområdena, där effekten konstateras i känslighetsanalysen där reduceringen var 5,2–5,3 %. Det faktum att antalet enheter per last utgår från genomsnittlig bruttovikt vid full last vid skapande av kostnadsfunktionerna och inte antalet enheter vid högsta tillåtna bruttovikt har lett till begränsning i nyttolast och därmed högre kostnader.

Kostnadsberäkningarna med kostnadsfunktionerna är inte helt täckande och rättvisande när det gäller absoluta värden. För att förbättra den hade det krävts något bättre indata. Trots

detta så har studiens mål inte varit att säkerställa den faktiska kostnaden, utan den besparingspotentialen som föreligger mellan befintliga konventionella kranbilar och ST-kran. Eftersom medelvärdena har använts för samtliga kostnadsfunktioner elimineras eventuella orättvisor och möjliggör jämförelser. Den tidsbesparing som gjorts genom förenklad insamling av indatavärden kan därmed anses motiverad.

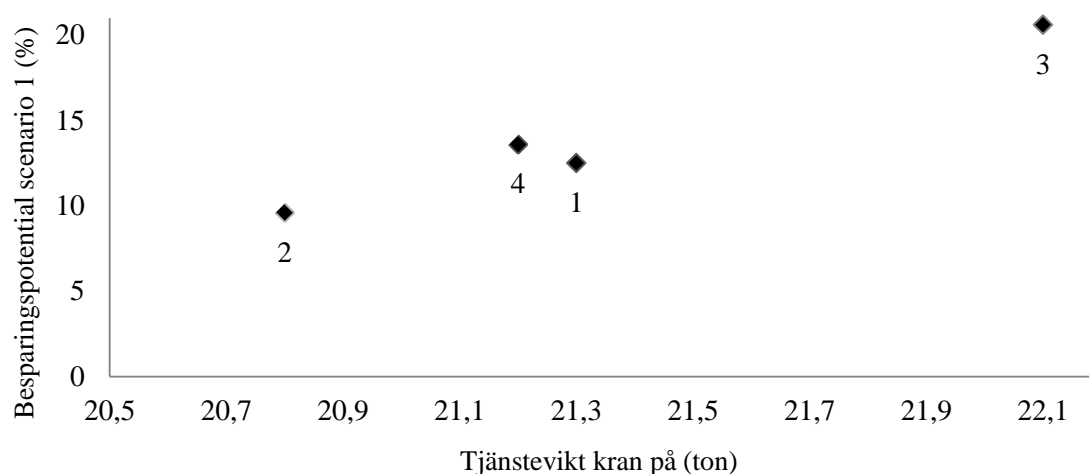
4.2.2 Förslag på uppdragsområde för införande av ST-kran

Scenario 1 (endast ST-kran) var genomgående ett mer kostnadseffektivt alternativ än scenario 2 (kombination med befintlig kranbil), vilket kan kopplas till det ökade inblandandet av befintliga konventionella kranbilar i scenario 2. Besparingspotentialen vid införande av ST-kran enligt scenario 1 i uppdragsområde 3 var 6,9 % högre än uppdragsområde 4 där den näst största potentialen återfanns. Resultatet baseras på de antagande som gjorts i studien för transporternas förutsättningar och genomförande. Anledningen till den större besparingen i område 3 kan kopplas till den högre tjänstevikten hos befintlig kranbil, vilket innebär begränsningar i nyttolasten. I jämförelse mot befintliga kranbilar i de andra uppdragsområdena är skillnaden i tjänstevikt vid kran på mellan 0,8 till 1,3 ton och vid kran avställd 3,6 till 4,4 ton. Detta kan ställas mot känslighetsanalysen som konstaterade en ökad transportkostnad med 4,5–5,1 % vid en ökning av tjänstevikt med 10 %. Nyttolasten för kranbilen i uppdragsområde 3 är vid transportuppdrag då kranen är på 1,7 – 2,7 % lägre än ST-krans nyttolast, jämfört med övriga befintliga kranbilar. För de uppdrag då kranbilarna i de andra uppdragsområdena ställer av kranen är nyttolasten 7 – 8,6 % lägre för kranbilen i område 3 i förhållande till ST-krans. ST-krans nyttolast är 30,8 – 39,2 % högre än befintlig kranbil i uppdragsområde 3 och 24,4 – 26,4 % i uppdragsområde 2 där befintlig kranbil hade lägst tjänstevikt.

Den konventionella standard kranbilen var ett kostnadseffektivare alternativ endast i uppdragsområde 3. Det var också i detta uppdragsområde som tjänstevikten hos befintlig kranbil var högre än standard kranbilens. Kostnadsreduceringen var 8,2 % där skillnaden i nyttolast mellan fordonen var 2,2 % vid kran på och 10 % då standard kranbilen ställer av kranen. Detta kan jämföras mot känslighetsanalysen där det påvisades en reducerad transportkostnad med 11,4-12,0 % då bruttovikten ökade med 10 %. I övriga uppdragsområden var standard kranbilen dyrare och framförallt i område 2 där den var 5 % dyrare. Den befintliga kranbilen i uppdragsområde 2 hade en nyttolast som var 1,3 % och 1,7 % högre för kran på respektive kran avställd.

Transportkostnaderna ökade med ett ökat volymvägt medeltransportavstånd för standard kranbilen och ST-kran i scenario 1 och 2. För scenario 2 var trenden inte lika tydlig som för scenario 1 eftersom en stor del av volymen transporterades av de befintliga kranbilarna. Skillnaderna mellan fordonen påverkade transportkostnaden i större omfattning än transportavståndet i detta scenario. Högst transportkostnad uppgick i uppdragsområde 3 trots att det volymvägda medeltransportavståndet i uppdragsområde 2 och 4 var 9,2 respektive 5,2 % längre. Resultaten i studien påvisar ingen tydlig skillnad i relativ besparingspotential mellan ST-kran och de befintliga kranbilarna till följd av variationer i transportavstånd mellan de olika uppdragsområdena. Skillnaderna i nyttolast mellan de

befintliga kranbilarna hade en större påverkan på besparingspotentialen. I figur 7 går det däremot urskilja ett samband mellan hög tjänstevikt hos befintlig kranbil och en ökad besparingspotential vid införande av ST-kran. En besparingspotential som är 1,1 % högre går att urskilja för uppdragsområde 4 i jämförelse med område 1 där tjänstevikten är likvärdig mellan fordonen. Det volymvägda medeltransportavståndet är 8,8 km längre och bränsleförbrukningen var 0,15 l/mil högre i område 4 vilket påvisar att det finns ett samband mellan längre transportavstånd och ökad besparingspotential. Dock kan skillnaden i relativ besparing troligen inte enbart förklaras av skillnaden i transportavstånd. Variationer i andelen kranlossning skiljer sig mellan uppdragsområdena, där område 4 har 14,7 % högre andel av transportflödena där kranen krävs vid lossningen vilket leder till begränsningar i nyttolasten. Begränsningar i nyttolast för konventionella kranbilar har en större effekt på transportkostnaden än för ST-kran vilket innebär att den högre besparingspotentialen i område 4 kan förklaras genom en kombination av ökat transportavstånd och en ökad andel kranlossning.



Figur 7. Besparingspotentialen som en funktion av tjänstevikten (kran på) för befintlig kranbil i uppdragsområde 1-4 vid införande av ST-kran enligt scenario 1 (endast ST-kran).

Figure 7. The savings potential as a function of the tare weight (crane mounted) for current self-loading trucks in each assignment area (1-4) when introduction of ST-kran under scenario 1 (ST-kran alone).

Andelen samlast var högre för uppdragsområdena och sortimentsgrupperna med en lägre genomsnittlig volym per virkesorder, vilket illustreras i tabell 15. Vid införande av ST-kran ökar andelen samlast i förhållande till de befintliga kranbilarna, där ökningen var störst för sortimenten med en lägre genomsnittlig volym per virkesorder.

Kostnadsfunktionerna för samlast genererade en lägre kostnad för ST-kran än de konventionella kranbilarna. För ST-kran är kostnadsfunktionerna för samlast lägre än funktionerna för samtliga uppdragstyper för de konventionella kranbilarna. Detta innebär att trots den högre andelen samlast för ST-kran genereras en kostnadsreducering till följd av den ökade nyttolasten hos ST-kran.

Kranbilen i uppdragsområde 3 hade den högsta bränsleförbrukningen vilken var 0,52 l/mil högre än bränsleförbrukningen för ST-kran, där en trolig förklaring är den högre tjänstevikten och den fasta kranen. Känslighetsanalysen påvisade bränsleförbrukningens påverkan på transportkostnaden vilket ytterligare kan förklara den höga kostnadsreduceringen. Bränsleförbrukningen som används i studien baseras på den verkliga förbrukningen för fordonen. Denna påverkas av körsättet hos chaufförerna och transportmiljön i vilken bilen verkar, något som inte särskilts mellan uppdragsområdena.

I studien har en besparingspotential påvisats vid införande av ST-kran i samtliga uppdragsområdet enligt båda scenariona. Detta innebär att den ökade bruttovikten hos ST-kran leder till sänkta transportkostnaderna. I studien har lastkörningsandelen varit 50 % då returerna inte har behandlats. En något högre besparingspotential bör ges med en ökad lastkörning med ST-kran. Införande i ett område med hög utnyttjandegrad och lastkörningsandel bör således kunna leda till ännu högre besparingspotentialer eftersom den ökade nyttolasten då används för transporter i större omfattningen än i dessa beräkningar. Effekter för returmöjligheter vid införande av ST-kran bör undersökas i vidare studier.

Valet att utrusta bilen i uppdragsområde 3 med fast kran kan ha motiverats av en hög andel returflöden. I studien har detta fordon ställts mot ST-kran med avställningsbar kran vilket innebär stora skillnader i nyttolast. Vid en eventuell implementering i området kommer troligen även ST-kran att utföra en högre andel returflöden vilket innebär en ökad andel av transporterna med kranen på vilket innebär att kostnadsbesparingen i verkligheten skulle vara något lägre än i studien. Den ökade lastkapaciteten för ST-kran kan komma att begränsa möjligheterna till returflöden där en lägre andel returmöjligheter medför att den verkliga besparingspotentialen i uppdragsområdet minskar.

4.3 Jämförelse med tidigare studier

Erlandsson (2008) påvisade i sin studie att fordonsvikten har stor betydelse för lönsamheten i åkeribranschen. En ökad taravikt minskar möjlig nyttolast och leder till högre bränslekostnader per transporterad enhet. I denna studie undersöktes inte lönsamheten i transporterna utan kostnaden. Men liknande resultat påvisades i denna studie, där fordon med en ökad bruttovikt reducerade transportkostnaderna. Vid införande av ST-kran ökar bruttovikten från 60 till 74 ton vilket resulterade i en reduktion av transportkostnaden med 7,2 – 20,6 % för scenario 1 och 2 jämfört med befintlig kranbil i uppdragsområdet. Känslighetsanalysen i studien påvisade även att faktorer som påverkar nyttolasten hade störst inverkan på transportkostnaden.

Petersson (2003) presenterade ett antal faktorer som påverkar transportkostnaden per enhet. Störst påverkan hade laststräckan där en reduktion med 10 % och motsvarade en kostnadsreduktion på 7,2 %. En sänkning av taravikten respektive lastningstiden med 10 % ledde till en kostnadsreduktion på 4,2 % respektive 1,7 %. I denna studie utfördes en

känslighetsanalys där faktorerna istället ökades med 10 %. Kostnadsreduceringen för en sänkt taravikt kan ställas mot ökningen av tjänstevikten i denna studie. En ökning av tjänstevikten gav en ökad kostnad på 4,5–5,1 % för ST-kran respektive konventionell kranbil. Vid ökning av terminaltiderna ökade kostnaderna med 1,7–1,8 % i denna studie vilket kan jämföras med en sänkning på 1,7 %. Kostnadsfunktionerna i studien påvisade en förändring av transportkostnaden mellan 7,6–7,7 % vid en ökning eller reduktion av transportavståndet med 10 %.

Löfroth och Svensson (2012) presenterar en kostnadsreducering upp till 10 % för ST-fordon gentemot konventionella virkesfordon. Ekonomiska kalkyler har utförts där ST-kran har jämförts mot konventionell motsvarighet. Kalkyler gjordes för enskilda transportuppdrag där kranen ställs av respektive använts för lossning vid mottagande industri där kostnadsreduceringen för ST-kran var 6 respektive 7 % (Aspholmer, 2010). Resultatet från denna studie påvisar betydligt större besparingspotential. Förklaring till detta kan delvis vara den tekniska utvecklingen där ST-kran i denna studie beräknades med en tjänstevikt som var 1,2 ton lägre. Dock var lastförmågan för ST-kran likvärdig mellan studierna då den utgick från genomsnittlig bruttovikt vid full last i denna studie. De konventionella kranbilarna som ST-kran jämförs mot har stor inverkan på resultatet av studien. Skillnaden mellan fordonen i denna studie kan ha varit större vilket lett till ett något mer gynnsamt resultat. Lastförmåga för de konventionella kranbilarna i studien var 1–2,3 ton lägre än kranbilen som ingick i Aspholmers kalkyler räknat med kranen på. En ökad nyttolast hos de befintliga bilarna ledde till en minskad besparing vid införande av ST-kran. Skillnaden i besparing kan således förklaras genom skillnader mellan de konventionella kranbilarna i denna studie och Skogforsks studier och i synnerhet skillnader kopplade till variationer i nyttolast. Kostnadsberäkningarna i Aspholmers studie utfördes för enskilda transportuppdrag där beräkningarna i denna studie bygger på utförda transportuppdrag under en ettårsperiod vilket innebär att en större volym är inblandad där en större variation av uppdragstyper har använts. I denna studie har samlaster involverats tillsammans med hänsyn för variationer i antalet enheter vid full last till följd av volymviktsskillnader mellan olika sortiment, vid beräkningar av transportkostnaden.

Jämför man transportkostnaderna som genererats med kostnadsfunktionerna i denna studie med resultatet från Andersson och Frisk (2013) kan man se att kostnaderna i denna studie är högre än medeltransportkostnaden för rundvirkestransporter under 2010.

Medeltransportsträckan uppgick till 95,3 km vilket var ca 26 % kortare än volymvägt medeltransportavstånd i denna studie. Räknar man upp transportkostnaden för massa och timmer med skillnaden i medeltransportavstånd blir kostnaden 94,9 och 96,2 kr/m³fub för timmer respektive massa, vilket var 3,7 respektive 2,4 kr lägre än genomsnittliga transportkostnaden per m³fub för ST-kran i scenario 1. Jämför man istället kostnaden mot standard konventionell kranbil blir skillnaden 19,3 respektive 18 kr/m³fub. De stora skillnaderna kan delvis förklaras av geografiska skillnader där transportmiljön i denna studie tillsammans med sortimentsfördelningen skiljer sig från nationellt medel. Frekvensen av transporter med sortiment med hög volymvikt är högre i södra Sverige och i

området för min studie än i jämförelse med nationellt medel, detta till följd av trädslagsfördelningen, vilket leder till en högre transportkostnad per enhet. Skillnader i sortimentsfördelning och transportmiljön tillsammans med en trolig underskattning av drifttimmarna per år och användandet av genomsnittlig bruttovikt, vilket begränsar nyttolasten i kalkylerna, ligger troligtvis bakom de stora skillnaderna.

4.4 Slutsatser

- Vid införande av ST-kran enligt studiens två olika scenarion beräknades besparingspotentialen mot de fyra konventionella kranbilar i studien till 7,2–20,6 %. Besparingspotentialen ökade med en ökad skillnad i nyttolast mellan ST-kran och konventionell kranbil.
- Vid införande av ST-kran ökar andelen samlastar till följd av den högre lastkapaciteten, där andelen samlastar var högre för sortiment med en lägre genomsnittlig volym per virkesorder. Studien påvisar en transportkostnad för ST-kran vid samlastar som är lägre än transportkostnaden för samtliga uppdragstyper för de konventionella kranbilarna. Den ökade nyttolasten genererar således kostnadsreduceringar trots den ökade andelen samlastar vid införandet av ST-kran.
- Känslighetsanalysen av kostnadsfunktionerna indikerar att de faktorer som påverkar transportkostnaden mest är bruttovikten vid full last, transportavståndet, antalet drifttimmar per år, fordonets tjänstevikt samt lönekostnader. Faktorer som påverkar nyttolasten har stor inverkan på transportkostnaden där en ökning av genomsnittlig bruttovikt vid full last innebar den största kostnadsförändringen. Effekten av en förändrad nyttolast var större för den konventionella kranbilen med en lägre ursprunglig nyttolast.
- Resultaten i studien påvisar ingen tydlig skillnad i relativ besparingspotential mellan ST-kran och de befintliga konventionella kranbilarna till följd av variationer i transportavstånd mellan uppdragsområdena. Skillnader i nyttolast mellan de konventionella kranbilarna hade en större påverkan på besparingspotentialen. Vid jämförelse mellan uppdragsområde där befintliga kranbilar har likvärdiga tjänstevikter kan en ökad besparingspotential kopplas till ett ökat transportavstånd i kombination med en ökad andel kranlossning.

Referenser

Andersson, G & Frisk, M. (2013). *Skogsbrukets transporter 2010*. (Arbetsrapport Nr 791). Uppsala: Skogforsk.

Anon. (2012). *Effekter av svaveldirektivet – En rapport till Svenskt Näringsliv*. (Augusti 2012). Stockholm: SWECO.

Anon. (2013). *Skogsstatistisk årsbok 2013*. Jönköping: Skogsstyrelsen.

Anon. (2013a-11-19). *Dieselpriser exkl. moms mellan år 1990-2011*. Skogsindustrierna. Tillgänglig: <http://www.skogsindustrierna.org/branschen/branschfakta/branschstatistik/branschstatistik/transporter/dieselpriser> [2014-01-30]

Anon. (2013b). *Statsrådets förordning om ändring av förordningen om användning av fordon på väg*. (Finlex 407/2013). Tillgänglig: <http://www.finlex.fi/sv/laki/alkup/2013/20130407> [2013-11-04]

Anon. (2013c). *VIOL Koder – v 5.4*. Sundsvall: SDC.

Anon. (2013d). *Fordonsskattetabeller*. Solna: Skatteverket. Tillgänglig: <http://www.skatteverket.se/download/18.2b543913a42158acf800024151/1363260045878/Fordonsskattetabeller+20130101.pdf> [2013-11-02]

Anon. (2014). *Energieffektivisering av skogs- och jordbruk – Hinder och möjligheter att nå en halverad energianvändning till 2050*. (IVA-M 442). Stockholm: IVA.

Asmoarp, V. et al. (2013). *Bränsleuppföljning för två fordon inom ETTdemo-projektet, ST-kran och ST-grupp*. (Arbetsrapport Nr 803). Uppsala: Skogforsk.

Aspholmer, L. (2010). *Ekonomiska kalkyler ST-fordonen*. (Arbetsrapport Nr 758). Uppsala: Skogforsk.

Brunberg, T. (2013-12-18). *Skogsbrukets kostnader och intäkter 2012*. Skogforsk. Tillgänglig: <http://www.skogforsk.se/sv/kunskap/db/2013/Skogsbrukets-kostnader-och-intakter-2012/> [2014-01-30]

Edlund, J. (2013). *Bränsleuppföljningsformulär LFB388. April - oktober*. Opublicerat material. Uppsala: Skogforsk.

Engdahl, M. (2008). *Två nya trailerkoncept för transport av rundvirke hos Stora Enso – en analys av prestation och flexibilitet*. Examensarbete 30 hp D i ämne skogshushållning, teknik. Institutionen för skoglig resurshushållning, SLU. (Arbetsrapport 227). Umeå.

Erlandsson, E. (2008). *Framgångsfaktorer för rundvirkesåkerier i Mellansverige*. Examensarbete 30 hp D i ämne skogshushållning, teknik. Institutionen för skoglig resurshushållning, SLU. (Arbetsrapport 230). Umeå.

Fjeld, D. & Dahlin, B. (2005). *Nordic logistics handbook – Forest operations in wood supply*. Sveriges Lantbruksuniversitet, Helsinki Universitet.

Gille, S-E. (2013). *Gille Kalkyl*. Excelkalkylblad. Föreläsningsmaterial. 2013-02-19.

Gröndahl, T. (2012). *High Capacity Transports. Fallstudier: Ekonomiska och miljömässiga jämförelser mellan HCT, konventionell lastbil och järnväg*. Examensarbete 30 hp D i ämne Samhällsbyggnad. Institutionen för Trafik och Logistik, KTH.

Håkansson, M & Steffen, C. (1994). *PS : praktisk skogshandbok*. 14.uppl. Djursholm: Sveriges skogsvårdsförb.

Lagergren, F & Löfroth, C. (1992). *Virkestransporter med separatlastare i södra Sverige*. (Skogforsk. Nr 6 1992). Uppsala: Skogforsk.

Lidén, B. et al. (2006). *Listigare rutter med RuttOpt*. (Resultat nr. 12 2006). Uppsala: Skogforsk.

Lindström, E. (2010). *Utveckling av differentierade ersättningar för rundvirkestransporter med lastbil*. Examensarbete 30 hp D i ämne skogshushållning, teknik. Institutionen för skoglig resurshushållning, SLU. (Arbetsrapport 280). Umeå.

Löfroth, C. & Svensson, G. (2012). *ETT - Modulsystem för skogstransporter. En Trave Till*. (Arbetsrapport Nr 758). Uppsala: Skogforsk.

Petersson, S. (2003). *Holmen's view of wood supply*. Föreläsningsmaterial. Opublicerat material. Umeå: Holmen. Presenteras i, Fjeld, D. & Dahlin, B. (2005). *Nordic logistics handbook – Forest operations in wood supply*. Sveriges Lantbruksuniversitet, Helsinki Universitet.

Wilhelmsson, L. Moberg, L. (2004). *Viktsutredning – råvolymvikter: prognos för medelvärden och spridningsmått med hjälp av beräkningsmodeller och vägning vid mätstationer*. (Arbetsrapport 569). Uppsala: Skogforsk.

Personlig kommunikation

Brunberg, Torbjörn & Löfroth, Claes. (2013). *Forskare*, Skogforsk. Uppsala.

Dacke, Fredrik. (2013). *Chef rundvirkesbilar*, Södra Skog. Växjö.

Forss, Åsa. (2013). *Åkerichef*, Södra Skog. Växjö.

Gustavsson, Sven. (2013). *Försäljare*, Parator. Bollnäs.

Johannesson, Stefan. (2013). *Virkesmätare*, VMF SYD. Mörrum.