



TRUPP - Modell för uppföljning av åkeriernas rundvirkestransporter hos Norra Skogsägarna

*TRUPP - Model for evaluation of trucking contractors roundwood
transports at Norra Skogsägarna*

Axel Sandahl

**Arbetsrapport 10 2015
Examensarbete 30hp A2E
Jägmästarprogrammet**

**Handledare:
Dan Bergström**

TRUPP - Modell för uppföljning av åkeriernas rundvirkestransporter hos Norra Skogsägarna

*TRUPP - Model for evaluation of trucking contractors roundwood
transports at Norra Skogsägarna*

Axel Sandahl

Nyckelord: Transportarbete, retur, transportplanering, virkesförsörjning

Arbetsrapport 10 2015

Examensarbete i skogshushållning vid Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi, 30 hp
EX0772, A2E

Jägmästarprogrammet

Handledare: Dan Bergström, SLU, Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi

Extern handledare: Patrik Jonsson och Anette Lindberg, Norra Skogsägarna

Examinator: Urban Bergsten, SLU, Institutionen för Skogens biomaterial och Teknologi

Sveriges lantbruksuniversitet

Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi

Utgivningsort: Umeå

Utgivningsår: 2015

Rapport från Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi

Innehåll

1. Inledning.....	6
1.1 Transportplanering.....	6
1.2 Transportplanering hos Norra Skogsägarna	8
1.3 Problemformulering	9
1.4 Mål och syfte	9
2. Material och metod.....	10
2.1 Fas 1 – Utveckling av Excel-modellen TRUPP	10
TRUPPs processer	10
Programmeringsmiljö	12
2.2 Fas 2 – Analys	12
Transportarbete.....	12
Användning av returfrakter	13
Validering	13
3. Resultat	14
3.1 Transportarbete.....	14
3.2 Användning av returfrakter	15
4. Diskussion	17
4.1 TRUPPs utformning	17
Lösningmetodik och programmeringsmiljö.....	17
Validering	18
4.2 Analys av transporter.....	18
Analysens utförande och tidshorisont.....	19
Transportarbete och destinering	19
Användning av returfrakter	20
Jämförelse med tidigare studier.....	20
4.3 Framtida studier.....	20
4.4 Slutsatser.....	21
Referenser.....	22
Personlig kommunikation.....	23
Bilaga 1. Indata-variabler	24
Bilaga 2. TRUPP	25

Förord

Denna studie är utförd som ett examensarbete på jägmästarprogrammet vid Sveriges Lantbruksuniversitet i Umeå. Arbetet är utfört på uppdrag av Norra Skogsägarna med syfte att ta fram en modell för effektiv uppföljning av rundvirkestransporter.

Jag vill tacka mina handledare vid SLU, Dan Bergström och Dag Fjeld för det stöd och de idéer de bidragit med. Jag vill även tacka Patrik Jonsson och Anette Lindberg på Norra Skogsägarna för värdefulla synpunkter och framtagandet av nödvändig data till studien. Jag vill också tacka Björn Edlund, doktorand vid SLU, för tips och idéer om hur kartor kan visualiseras inom Excel.

Axel Sandahl

Sammanfattning

Effektiv styrning av ett logistiskt system kräver vanligtvis en uppföljningsprocess som ger feedback. Historiskt har dock utvecklingen inom virkeslogistik fokuserat på modeller och beslutsstöd enbart för destinerings och ruttplanering. Målet med denna studie var därför att utveckla en modell för Norra Skogsägarna som på åkerinivå möjliggör effektiv uppföljning av utfört transportarbete under en avgränsad tidsperiod (dygns- till veckonivå).

Den utvecklade modellen – TRUPP (TRansportUPPföljning) – baserades på en sorteringsmetodik i Excel. Det första steget består av en sortering av utförda frakter, per åkeri och tidsperiod, i olika kategorier med potentiellt inoptimala frakter. I det andra steget används en Excel-inbäddad kartfunktion för att möjliggöra en visuell granskning av potentiellt inoptimala frakter. Modellen testades för både hög- och lågsäsong för att identifiera och jämföra möjligheten för åkerier att reducera transportkostnader genom effektivare ruttval och fler returfrakter.

Reduceringar av transportkostnader genom effektivare transportplanering är relativt liten. I genomsnitt visade testerna i denna studie en ytterligare reduktion av transportkostnaden med 0,9 % under analysperioden. Denna potential var däremot större under lågsäsong. Trots en mindre tillgänglig volym under lågsäsong utförde åkerierna ett större transportarbete ($m^3 \cdot \text{fub} \cdot \text{km}$) under denna period. Detta kan förklaras av avsiktligt valda långa transporter av åkerierna för att hålla en hög utnyttjandegrad på lastbilsflottan även under lågsäsong.

TRUPP bör vara ett effektivt redskap för att följa upp rundvirkestransporter. Genom visualiseringen kan en tydlig feedback ges till kontrakterade åkerier där potentiella reduktioner av transportkostnaden identifierats. Att modellen kan ta hänsyn till begränsande ruttplaneringsfaktorer borde vara fördelaktigt.

Nyckelord: Transportarbete, returer, transportplanering, virkesförsörjning

Summary

Effective management of a logistic system usually requires a monitoring process which provides feedback. Historically, however, development in roundwood logistics has been focused on models and decision support systems solely for the planning of flows and vehicle routing. The aim of this study was therefore to develop a model for Norra Skogsägarna that enabled monitoring on the haulage contractor level of transport work executed over a limited period of time (daily to weekly level).

The developed model – TRUPP (TRansportUPPföljning) – was based on a sorting methodology in Excel. The first step consists of sorting the executed deliveries per contractor and period in different categories of risk for inoptimal hauls. The second step utilized an Excel-imbedded map feature to enable a visual inspection of the indicated routes at risk. The model was tested for both high- and low season in order to identify and compare the possibility for hauling contractors to further reduce transport costs through more efficient route planning and increased backhauling.

The potential to reduce transportation costs by more effective transport planning is relatively small. On average the tests in this study showed a 0.9 % possibility to further reduce transportation costs during the analyzed period. However, the potential to further reduce costs was higher during the low season. Despite the lower hauling volumes available during the low season, the haulers transport work ($\text{m}^3\text{sub-km}$) was greater than during the high season. This can be explained by a deliberate choice of longer hauls by the haulers to ensure a high utilization of the fleet during the low season.

TRUPP should be an effective tool to monitor executed roundwood transports. Through the visualization a clear feedback can be given to the contracted haulers where potential reductions in transportation costs have been identified. The models ability to account for limiting vehicle routing factors should be beneficial.

Keywords: Transport work, back hauls, transport planning, wood supply

1. Inledning

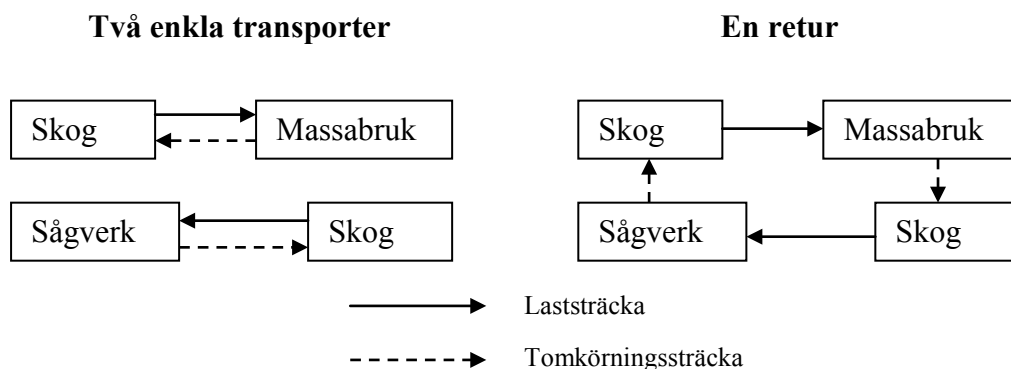
Skogsnäringen är en transportintensiv bransch och står för cirka 22 % av transportarbetet i Sverige med lastbil och tåg. Utav detta är över hälften transporter av råmaterial i form av rundvirke. Av dessa landburna rundvirkestransporter fraktades år 2011 cirka 84 % på lastbil och resten på tåg. De volymer som går med tåg transporteras nästan alltid en del av sträckan på lastbil, till eller från järnvägsterminaler (Skogsstyrelsen, 2013).

Strukturella förändringar inom den svenska skogsindustrin har de senaste 50 åren lett till färre och större industrienheter, vilket inneburit längre transportavstånd för rundvirke (Fohlin & Silver, 1997). Rundvirkestransporter är en stor kostnad för skogsindustrin, och står för cirka 20 % av den totala anskaffningskostnaden av rundvirke till industrier (Brunberg, 2014).

1.1 Transportplanering

Inom planeringsteorin finns det tre planeringsnivåer som kan identifieras. Den första nivån, strategisk plan, sträcker sig oftast över flera år och innehåller planer för vägbyggnationer och vägunderhåll för att säkerställa att vägnätets kvalitet och storlek håller för att möta industrins behov under alla perioder. Den andra nivån, taktisk plan, har ett kortare tidsfönster från sex månader till ett par år och balanserar tillgången av skogsråvara med industrins förväntade efterfrågan. Den tredje nivån, operativ plan, sträcker sig från en dag upp till ett halvår och innebär främst en planering av själva transporterarna. Detta görs dels genom destineringsplanering, dels genom ruttplanering (Rönnqvist, 2003). Traditionellt har detta gjorts manuellt av transportledare, men i och med allt högre antal möjliga transportkombinationer är det svårt att göra detta optimalt utan ett datoriserat beslutsstöd (Carlsson & Rönnqvist, 1998; Andersson et al., 2008). Destineringsplanering innebär att flödet av varje sortiment till de olika mottagarna för ett par månaders tid planeras, i syfte att minimera den totala laststräckan (Rönnqvist, 2003). Beslutsstöd för detta kan göras genom linjär programmering som exempelvis minimerar transportkostnaden eller maximerar virkesintäkten för virkesköp med transportkostnaden som en negativ variabel (Örtendahl, 2001; Bergdahl, 2002; Forsberg et al., 2005). Framtagna optimeringsmodeller har visat att transportkostnaden kan reduceras med nästan 3 % jämfört med en manuell destineringsplanering (Carlsson & Rönnqvist, 1998). Vid destineringsplanering med hänsyn till returerna har samma studie visat på en kostnadsreduktion upp till 6,8 % och en minskning i tomkörningssträcka mellan 16 – 28 % (Carlsson & Rönnqvist, 1998). Denna teoretiska kostnadsreduktion kan bli större med längre planeringshorisont (Bergdahl, 2002), men i praktiken är bara cirka 40 – 60 % av kostnadsreduktionen genomförbar på grund av olika yttre förutsättningar som exempelvis otillgängliga vägar. (Frisk, 2014, pers. komm.). Ruttplanering syftar till den dagliga planeringen av lastbilsflottans rutter, där man planerar för att undvika köer hos mottagare samt försöker hitta lämpliga returerna (Rönnqvist, 2003). En retur innebär att last körs i båda riktningarna istället för att köra tom i en riktning (Figur 1). Möjligheterna till returerna är något begränsade inom skogsbruket och kräver ett korsflöde av olika sortiment samt att avlägget ligger tillräckligt nära en industri för att ge en kortare körsträcka (Forsberg et al., 2005). Genom att köra returerna kan tomkörningssträckan reduceras och lastbilarnas tekniska utnyttjandegrad ökas (Forsberg et al., 2005). Beslutsstödet RuttOpt har visat att en optimerad ruttplanering i teorin kan minska transportkostnaderna med 5-30

% (Andersson et al., 2008). Faktorer som dålig precision på väglagerstorlek och dåligt uppdaterad vägnätsstatus gör att den teoretiska besparingen inte är realistisk i praktiken (Andersson et al., 2008). Ytterligare faktorer som försvårar ruttplaneringen inom skogsbruket är exempelvis att rundvirke är en färskvara som inte får ligga vid väg för länge, olika sortiment kan behöva samlastas och det kan behövas rundvirke från flera olika avlägg för att fylla en hel lastbil (Karanta et al., 2000).



Figur 1. Illustration av en returrutt (höger) som utgörs av två enkla transporter (vänster).
Figure 1. Illustration of a backhaulage route (right) based on two simple routes (left).

Fjeld (2014, pers. komm.) har modellerat hur stor del av returpotentialen som är praktiskt genomförbar av den potential som Carlsson och Rönnqvist (1998) presenterat. Antalet möjliga returer visade sig ha ett samband med antalet öppna avlägg för returer i en så kallad returbank där tänkbara returer lagrades under en period. Större returbank ökade antalet möjliga returer och med åtta laster per lastbil var det cirka 50 % av de potentiella returerna som var möjliga att köra (Fjeld, 2014, pers. komm.). Detta stämmer bra överens med en studie av mjukvaran Åkarweb, vilken hjälper åkare att hitta returer, som visade att besparingspotentialen ökade med större tillgänglig volym för transport (Frisk, 2003).

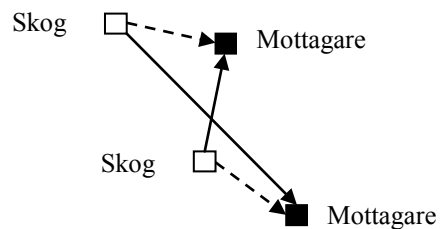
Hur transportplaneringen sker på ett skogsbolag varierar. Ett sätt är en centraliserad transportstyrning där transportchefer ansvarar för både destinerings och ruttplanering. Den vanligaste metoden är dock en decentraliserad transportstyrning där transportchefer ansvarar för destinerings, men åkarna har själva ansvaret för ruttplaneringen (Nilsson, 2004). Fördelen med en decentraliserad transportstyrning är att åkarna har god kännedom om sina hemområden, var avverkningar sker och typiska returer (Carlsson & Rönnqvist, 1998). Nackdelen är att man tappar flexibilitet för att åkarna mer eller mindre är låsta till sitt hemområde och det krävs bra samarbete mellan åkare för att byta till sig returer från andra åkares hemområden. (Carlsson & Rönnqvist, 1998). För att möjliggöra byten av laster mellan åkare i ett decentraliserat transportstyrningssystem har tre huvudtyper av överenskommelser identifierats i Sverige. Den första typen är mellan två åkerier som kommit överens om ett temporärt byte av laster från två avlägg. Den andra typen är samma temporära överenskommelse fast mellan fler parter. Den tredje typen är ett permanent partnerskap mellan åkerier med regelbundna möten och integrerade IT-system (Karlsson et al., 2006). För att identifiera returer i norra Sverige genomförde Skogforsk projektet ”Transportsamordning Nord” där sex skogsbolag i norra Sverige deltog. I projektet togs de returer i norra Sverige som gav störst besparing fram. Cirka 80 % av denna potentiella besparing återfanns i hälften av de områden som analyserades (Forsberg, 2003).

1.2 Transportplanering hos Norra Skogsägarna

Norra Skogsägarna är en av Sveriges fyra skogsägarföreningar och ägs av cirka 16 000 privata skogsägare (medlemmar). Organisationen består av åtta virkesområden som sträcker sig över Norrbotten, Västerbotten och norra Ångermanland. Föreningen äger fyra träförädlingsindustrier varav två sågverk, en stolpfabrik och ett hyvleri. Den årliga virkesfångsten är cirka 1,5 miljoner fastkubikmeter (Norra Skogsägarna, 2014).

Norra Skogsägarna har idag en decentraliserad transportstyrning där destineringen görs av transportansvariga inom föreningen. Som beslutsstöd till destineringen använder de transportoptimeringsmodellen NETRA som optimerar virkesflödet av timmer och massaved genom en linjär programmering som maximerar virkesintäkten med hänsyn till anförskaffningspris, leveransavtal och transportkostnad. Modellen utvecklades till en början enbart för massavedsflöden inom Norra Skogsägarnas verksamhetsområde (Örtendahl, 2001). I samband med expansioner av verksamhetsområdet vidareutvecklades senare modellen till att innefatta en större geografi och även timmerflöden (Mellqvist, 2004). I nuläget tar modellen även hänsyn till kombinerade transporter med både lastbil och tåg (Edlund, 2014).

Trots beslutsstödet NETRA destinerar inte alla avlägg vilket gör att korsflöden av samma sortiment kan förekomma (Figur 2).



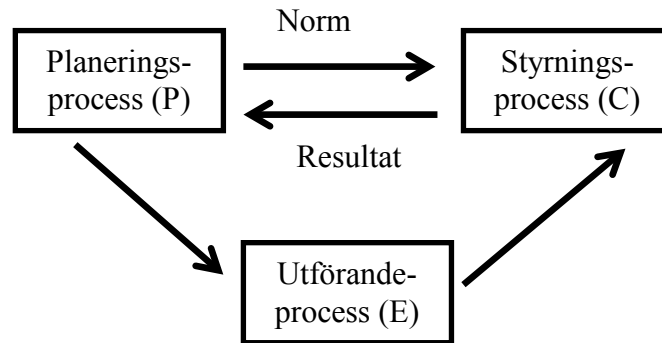
Figur 2. Illustration av korsflöden av samma sortiment där de heldragna pilarna visar faktisk laststräcka och de streckade pilarna illustrerar den kortaste möjliga laststräckan.

Figure 2. Illustration of a cross flow of the same assortment where the solid arrows show actual haul distance and the dashed arrows illustrate the shortest possible haul distance.

Ruttplaneringen för lastbilsflottan hos Norra skogsägarna sköter åkerierna till största del själva. De ansvarar för en stor del av sina dygns- och veckoflöden och hela returpotentialen. Av flödesansvariga hos Norra Skogsägarna får åkerierna månadsvisa leveransplaner vilka uppdateras veckovis. Tidigare hade Norra Skogsägarna en returrabatt, där åkerierna själva rapporterade utförda returfrakter, vilken kunde användas för att beräkna åkeriernas returandel (Mellqvist, 2004). Genom att sänka åkeriets ersättning vid utförda returfrakter delade befraktare och åkeri på besparingen returfrakten inneburit (Mellqvist, 2004). Returrabatten används inte längre av Norra Skogsägarna, vilket innebär att metoder för att utvärdera åkeriernas användning av returfrakter saknas. Genom att skapa en modell som sammanställer data från Skogsnäringens IT-Företag (SDC) är det möjligt att upptäcka korsflöden av samma sortiment och visuellt granska om åkarna använder sig av returflöden.

1.3 Problemformulering

Grundstrukturen för ett logistiskt system består av ett informationsflöde mellan de tre processerna planering, utförande och styrning (Figur 3; NEVEM, 1989).



Figur 3. Principskiss för informationsflöde i ett logistiskt system.

Figure 3. Principle for information flow in a logistics system.

För att kunna styra logistiksystemet krävs dock att planeringsprocessens normer jämförs med det faktiska resultatet för att kunna justera arbetsuppgiften (Hultén & Bolin, 2002). Normen för Norra Skogsägarnas planeringsprocess är att åkerierna fyller sina leveranskvoter samtidigt som transportarbetet minimeras och returpotential utnyttjas. För att följa upp detta måste idag information hämtas från en mängd olika SDC-program vilket gör styrningsprocessen ineffektiv. Genom modellen TRUPP kan resultatet av det utförda arbetet enklare analyseras och återkopplas till planeringsprocessen.

1.4 Mål och syfte

Målet med denna studie var att ta fram en operativ modell som på åkerinivå möjliggör uppföljning av utfört transportarbete under en tidsperiod (dygns- till veckonivå). Syftet var därför att:

- Skapa en Excel-modell för uppföljning av transportarbete baserad på SDC-data.
- I Excel-modellen utveckla funktioner för kvantifiering av potentiell reduktion av totalt transportarbete och transportkostnad med hänsyn till leveranskvoter.
- I Excel-modellen utveckla funktioner för visuell granskning av användning av returfrakter.
- Analysera åkeriernas rundvirkestransporter med modellens funktioner för en tredagersperiod under hög- respektive lågsäsong.

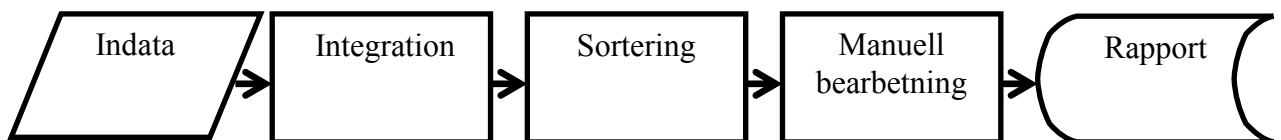
Analysen avgränsades till Norra Skogsägarnas verksamhetsområde och deras kontrakterade åkerier.

2. Material och metod

2.1 Fas 1 – Utveckling av Excel-modellen TRUPP

TRUPPs processer

Till skillnad från beslutsstödet NETRA där linjär optimering använts i en planeringsprocess för att göra destineringsplaner av rundvirke genom att maximera intäkterna (Örtendahl, 2001) har TRUPP en annan metodik. Modellen består av ett antal processer (Figur 4) och är en halvautomatisk lösning där den automatiska delen av modellen likt en linjär optimering sorterar fram de närmaste avläggen som krävs för att fylla leveranskvoterna hos respektive mottagningsplats. Det manuella steget består sedan av att markera de frakter där en potentiell reducering av transportarbetet identifierats.



Figur 4. TRUPPs olika processer.

Figure 4. TRUPP's different processes.

Till utvecklandet av TRUPP användes historiska data för en åkares frakter under en månad. Nedan beskrivs TRUPPs processer och de beräkningssteg för vilka Excel-makron har skapats för att kunna upprepa metodiken för varje körning med ny indata.

Indata

Materialet som användes i denna studie var främst data från SDC i form av transportdata och virkesorderdata som beställdes i ett radformat, där varje rad i transportdatat utgjordes av en utförd frakt. Utöver dessa data användes åkeriernas leveranskvoter till varje mottagningsplats från respektive skogsbruksområde (SBO) som hämtades från flödesansvariga hos Norra Skogsägarna. I transportdatat var viktiga variabler ankomsttider till mottagningsplatser, koordinater för avlägg och mottagningsplatser samt fraktad volym och transportavstånd. I virkesorderdatat var den viktigaste variabeln vilka mottagare som var klarmarkerade, det vill säga godkända, för respektive frakt. För fullständig redovisning av indatavariabler se Bilaga 1. De transportavstånd som fanns i SDC:s transportredovisning byggde inte på åkarnas egna rapporter utan på tjänsten Krönt Vägval. Krönt Vägval beräknar den smartaste vägen från avlägg till mottagningsplats genom att ge vägsegment olika motstånd. Faktorer som dålig bärighet eller mycket trafik innebär i Krönt Vägval ett högt motstånd. Det betalningsgrundande transportavståndet för en transport är sträckan i Krönt Vägval som ger minst motstånd, vilken inte alltid är den närmaste sträckan (Lidén et al., 2009).

Integration

Efter dataimporten skapades kolumner för alla aktuella mottagningsplatser av rundvirke i Norra Skogsägarnas verksamhetsområde. För varje rad i transportdatat hämtades transportavståndet till alla klarmarkerade mottagningsplatser i virkesordern. Detta gjordes under förutsättningen att åkeriet hade en leveranskvot från det SBO där avlägget fanns till mottagningsplatsen.

Sortering

Under sorteringens första steg fördelades de olika frakterna per sortiment (Tabell 1).

Tabell 1. Rundvirkessortiment som hanteras av TRUPP

Table 1. Roundwood assortments handled by TRUPP

Sortiment	Förkortning	Kod
Talltimmer	TT	11
Grantimmer	GT	12
Barrmassaved	BM	100
Lövmassaved	LM	103
Frisk färsk gran	FFG	152
Brännved	BV	500

På sortimentsnivå skapades sedan TRUPPs huvudfunktion. Likt en linjär optimering med syfte att minimera transportkostnaden gjordes en sortering med samma syfte. Genom att sortera de utförda frakterna efter SBO där lasten hämtats och sedan sortera transportavståndet till en mottagningsplats kunde de närmaste avläggen som krävdes för att fylla leveranskvoten till en mottagningsplats identifieras. När sorteringen var avslutad skedde en kategorisering av varje utförd frakt då den enligt sorteringen på transportavstånd kunde ha noll, en eller flera mottagningsplatser dit frakten var en av de närmaste som krävdes för att fylla leveranskvoten. Kategoriseringen delade upp varje frakt i fem olika kategorier (Tabell 2).

Tabell 2. Tabell över de fem kategorier en frakt kan klassas i

Table 2. Table of the five possible categories for a haul

Kategori	Beskrivning
0	För frakten fanns ingen öppen mottagningsplats, alternativt saknade åkaren leveranskvot till mottagningsplatsen.
1	För frakten fanns en mottagningsplats där avlägget var ett av de närmaste för att fylla leveranskvoten. Frakten gick till den mottagningsplatsen.
2	För frakten fanns flera mottagningsplatser där avlägget var ett av de närmaste för att fylla leveranskvoten. Frakten gick till en av de mottagningsplatserna.
3	För frakten fanns en eller flera mottagningsplatser där avlägget var ett av de närmaste för att fylla leveranskvoten. Frakten gick inte till en av dessa mottagningsplatser.
4	Frakten var inte en av de närmaste som krävdes för att fylla leveranskvoten till mottagningsplatsen.

Manuell hantering

Det sista steget av modellen innefattade en manuell hantering där frakter med förbättringspotential manuellt valdes ut. Som stöd för detta val användes kategoriseringen, samt en grafisk visualisering av de utförda frakterna. För att visualisera frakterna användes avläggens och mottagningsplatsernas koordinater från transportdatat. Till visualiseringen

skapades två kartfunktioner, där den ena visade flöden till olika mottagningsplatser per sortiment och den andra visade sekvenser för hur enskilda lastbilar kört under valt dygn. Den manuella hanteringen gav även möjlighet att ta hänsyn till yttre faktorer, som exempelvis tillfälligt stängda mottagningsplatser, vilka kunde ha föranlett inoptimala frakter.

Rapport

Som utdata skapades en rapport som redovisade förbättringspotentialen i transportarbete och kostnad för valda frakter från den manuella hanteringen. Som underlag för dessa beräkningar användes differenser i transportarbete mellan den faktiska frakten och den alternativa frakten. Till kostnadsberäkningarna skapades en indataruta till åkeriets tariff för transporternas fasta och rörliga medelkostnader.

Programmeringsmiljö

Microsoft Excel utgör grunden för beslutsstödet NETRA och används för olika kalkyler hos Norra Skogsägarna. TRUPP skapades därför i Excel, då det är en programmiljö transportansvariga hos Norra skogsägarna är vana att jobba i. Själva modellen byggdes upp av Makron och Visual Basic kod i Excel för att snabbt kunna upprepa den tillämpade metodiken på stora mängder data. För att undvika kompatibilitetsproblem mellan Excel och GIS-mjukvara skapades även visualiseringsdelen i Excel. Detta möjliggjordes genom att koordinatsätta en bild över verksamhetsområdet i ett Excel-diagram där varje frakt visades som en serie.

2.2 Fas 2 – Analys

För att analysera åkeriernas rundvirkestransporter gjordes två körningar för en tredagersperiod under hög- respektive lågsäsong för samtliga av Norra skogsägarnas kontrakterade åkerier. Potentiell reducering av transportarbete och -kostnad, användning av returfrakter och skillnader mellan hög- och lågsäsong analyserades med hjälp av TRUPP.

Transportarbete

Potentialen i reducering av totalt transportarbete med hänsyn till leveranskvoter beräknades genom två körningar för samtliga åtta åkerier. För den första körningen valdes tisdag till torsdag för den tredje veckan i februari år 2014, då det är högsäsong för åkerierna med mycket tillgängliga volymer. För den andra körningen valdes samma veckodagar under den tredje veckan i september år 2014, då det vanligtvis funnits mindre virke att köra innan produktionen kommit igång efter semestern. För att identifiera skillnader i potentiell reducering av transportarbete mellan körningarna gjordes ett parat t-test i Excel, där varje åkeri utgjorde ett par.

Under TRUPPs manuella hanteringsprocess användes i körningarna veckoutskick från flödesansvariga till åkerierna innehållande information om tillfälligt stängda mottagningsplatser, prioriteringar av vissa mottagningsplatser eller andra tillfälliga förutsättningar. Om en frakt uppvisade en förbättringspotential som kunde härledas till tillfälliga förutsättningar, samlastning av olika sortiment eller hopsamling från flera avlägg ansågs frakten sakna förbättringspotential. Frakter i kategori 1 ansågs som optimala, medan frakter i övriga kategorier visuellt granskades för att upptäcka korsflöden av samma sortiment, eller last som körts längre än optimalt.

För att beräkna en besparingspotential användes en medeltariff för Norra Skogsägarnas kontrakterade åkerier. Tariffen bestod av en rörlig kostnad (kr/m³fub-km) och en fast kostnad (kr/m³fub).

Användning av returfrakter

För att analysera användandet av returfrakter användes den grafiska visualiseringen av en lastbils frakter på dygnsnivå. För samtliga åtta åkerier slumpades en lastbil ut för vilken användandet av returfrakter grafiskt analyserades för samma tre dagar som i transportarbetskörningarna, under hög- respektive lågsäsong. Dessa perioder har tidigare visat hög respektive låg returandel i Norra skogsägarnas verksamhetsområde (Mellqvist, 2004). För att säkerställa huruvida den första respektive sista frakten i den analyserade perioden ingick i en retur kontrollerades även om den sista frakten dygnet före analysperioden respektive första frakten dygnet efter analysperioden ingick i en retur med en frakt under analysperioden. Analysen gav 16 stickprov för åkeriernas användning av returfrakter. För att identifiera skillnader i åkeriernas returandel mellan hög- och lågsäsong gjordes ett parat t-test, där den slumpade lastbilen för varje åkeri utgjorde ett par. Returandelen definierades som andelen frakter som ingick i en retur av det totala antalet frakter.

Validering

Under utvecklandet av TRUPP validerades modellen kontinuerligt genom olika manuella kontroller och beräkningssteg för att säkerställa processernas funktion. För kategoriseringen jämfördes om de hämtade transportavstånden i transportorderdatat överensstämde med de i virkesordern. Därefter kontrollerades om det fanns en leveranskvot till mottagningsplatsen. Under sorteringssteget gjordes manuella kategoriseringar som jämfördes med de i den automatiska kategoriseringen. I TRUPPs kartfunktion jämfördes de olika koordinaterna i modellen med en georefererad bild i GIS-mjukvara. Till rapporten i TRUPP beräknades de olika värdena manuellt för att säkerställa att inga beräkningssteg missats. Upptäckta fel i modellen justerades och testades sedan igen.

3. Resultat

3.1 Transportarbete

Under analysperioden utfördes 5 701 621 m³fub-km totalt transportarbete. Analyserna med modellen visade en potentiell reduktion av detta transportarbete med 68 985 m³fub-km, vilket motsvarar 1,2 %. Detta innebär en minskad transportkostnad med 0,9 %.

Under högsäsong var den möjliga reduktionen av utfört transportarbete 0,6 %. För lågsäsong var denna potential 1,7 %. Mellan säsongerna fanns en signifikant skillnad i förbättringspotential på 10 % -nivån med p-värde 0,084. Av det inoptimala transportarbetet fanns 39 % i timmerflödet och 61 % i massavedsflödet. Under analyserad högsäsong transporterades totalt 29 455 m³fub rundvirke vilket genererade ett transportarbete på 2 706 836 m³fub-km (Tabell 3.)

Tabell 3. Transportarbete för de åtta analyserade åkerierna under högsäsong
Table 3. Transport work for the eight analyzed trucking companies during high season

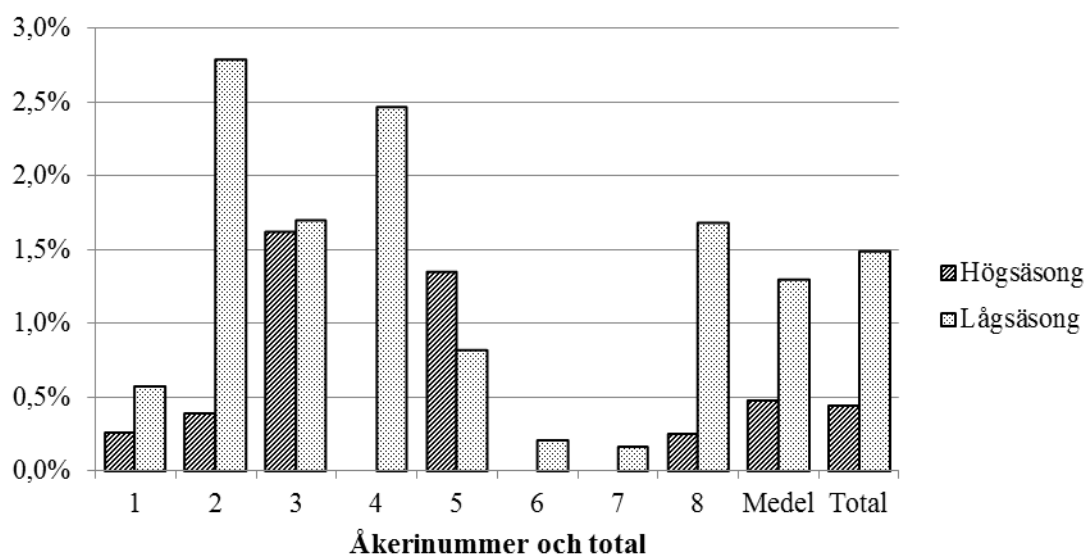
Åkeri	Totalt transportarbete (m ³ fub-km)	Inoptimalt transportarbete		Transporterad volym (m ³ fub)
		(m ³ fub-km)	(%)	
1	309 110	1 141	0,4	3 269
2	531 063	2 482	0,5	2 741
3	249 418	6 024	2,4	3 520
4	120 280	0	0,0	1 837
5	270 755	5 097	1,9	3 054
6	362 557	0	0,0	4 091
7	301 810	0	0,0	4 019
8	561 843	2 067	0,4	6 925
<i>Medel</i>	<i>338 354</i>	<i>2 101</i>	<i>0,6</i>	<i>3 682</i>
<i>Total</i>	<i>2 706 836</i>	<i>16 810</i>	<i>0,6</i>	<i>29 455</i>

Under analyserad lågsäsong transporterades 26 056 m³fub rundvirke (Tabell 4), vilket var 11,6 % lägre än under högsäsong. Transportarbetet under perioden var 2 994 786 m³fub-km vilket var 9,7 % högre än under högsäsong.

Tabell 4. Transportarbete för de åtta analyserade åkerierna under lågsäsong
Table 4. Transport work for the eight analyzed trucking companies during low season

Åkeri	Totalt transportarbete (m ³ fub-km)	Inoptimalt transportarbete		Transporterad volym (m ³ fub)
		(m ³ fub-km)	(%)	
1	189 427	1 498	0,8	1 950
2	714 153	22 801	3,2	3 439
3	212 726	5 171	2,4	2 637
4	207 538	6 289	3,0	1 462
5	323 461	3 605	1,1	3 304
6	559 043	1 534	0,3	4 297
7	341 330	826	0,2	3 936
8	447 107	10 451	2,3	5 031
<i>Medel</i>	<i>374 348</i>	<i>6 522</i>	<i>1,7</i>	<i>3 257</i>
<i>Total</i>	<i>2 994 786</i>	<i>52 175</i>	<i>1,7</i>	<i>26 056</i>

Under lågsäsong var den totala besparingspotentialen för samtliga åkerier 9 246 SEK vilket motsvarar 0,4 % och för högsäsong var denna potential 28 696 SEK eller 1,5 % (Figur 5).



Figur 5. Potentiell kostnadsreducering per åkeri, medelvärde och totalvärde för de åtta analyserade åkerierna under hög- respektive lågsäsong.

Figure 5. Potential in reduced transport cost per trucking company, average and total value for the eight analyzed trucking companies during high- and low season.

3.2 Användning av returfrakter

För samtliga åkerier var returandelen under analyserad högsäsong 31,9 % jämfört med 7,5 % under analyserad lågsäsong. Returandel under hög- och lågsäsong var signifikant skilda åt på 5 % -nivån, med p-värde 0,025. De slumpvis valda lastbilarna utförde under högsäsong 113 frakter jämfört med 67 frakter under lågsäsong. Sex av dessa lastbilar utförde enbart returfrakter under högsäsong, två under båda säsongerna och två utförde inga returfrakter (Tabell 5).

Tabell 5. Returandel för de åtta analyserade åkerierna under hög- och lågsäsong*Table 5. Back haul percentage for the eight analyzed trucking companies during high- and low season*

Åkeri	Säsong	Antal frakter	Utförda frakter i retur	Returandel
1	Hög	19	4	21 %
2	Hög	7	0	0 %
3	Hög	19	6	32 %
4	Hög	18	12	67 %
5	Hög	8	4	50 %
6	Hög	12	4	33 %
7	Hög	18	6	33 %
8	Hög	12	0	0 %
1	Låg	0	0	0 %
2	Låg	5	0	0 %
3	Låg	13	0	0 %
4	Låg	9	0	0 %
5	Låg	6	0	0 %
6	Låg	5	1	20 %
7	Låg	17	14	24 %
8	Låg	12	0	0 %

4. Diskussion

4.1 TRUPPs utformning

En viktig parameter för att förklara TRUPPs utformning är formatet på modellens indata. Utan SDC:s redovisningstjänster hade någon annan typ av datainsamling krävts, vilken kunde ha saknat fördelen av att vara utförd av en objektiv tredje part. TRUPP är beroende av indata i det format som under arbetet beställts av SDC. Om denna tjänst skulle upphöra skulle TRUPPs funktionalitet kraftigt försämrats.

Lösningsslag och programmeringsmiljö

Under skapandet av TRUPP fanns det två tänkbara alternativ för modellens lösningsslag. Utöver den valda metodiken var alternativet en linjär optimering med minimering av transportkostnaden. Likt tidigare studier (Bergdahl, 2002; Forsberg et al., 2005) där en linjär optimering tillämpats hade även TRUPP kunnat nyttja en formel för minimering av transportkostnaderna. Fördelen med en sådan optimering är att modellen automatiskt hade kunnat välja ut de frakter där transportarbetet hade kunnat minskas. I denna studie fanns det ett antal faktorer som avgjorde varför en optimering frångicks. För det första blev antalet variabla celler för stort. Problemlösaren i Microsoft Excel kan maximalt hantera 200 variabla celler. Även om öppen mjukvara som Open Solver hade använts hade optimering för vissa körningar krävt över 20 000 variabla celler vilket hade gett långa lösningstider för modellen. För att skapa en effektiv uppföljningsprocess var en långsam modell något som försökte undvikas. För det andra har man på Norra Skogsägarna idag redan möjlighet att optimera sitt flöde genom beslutsstödet NETRA (Edlund, 2014). För det tredje ger det manuella hanteringssteget användaren av modellen möjlighet att ta hänsyn till faktorer som vanligtvis bara hanteras vid ruttplanering och inte vid destineringsplanering. Av de faktorer Karanta et al. (2000) presenterade, vilka försvårar ruttplaneringen, kan man exempelvis ta hänsyn till om det existerar särskilda prioriteringar mot en mottagningsplats eller om vissa avlägg behövde tömmas. Att använda sig av sådana restriktioner i en linjär optimering hade varit problematiskt då det oftast saknas data för dessa faktorer. Däremot har flödesansvariga kunskap om särskilda förutsättningar som har påverkat transporterna.

En svaghet i den tillämpade kategoriseringen är att scenarior uppkommer där kategoriseringen inte bidrar till att förklara om det för frakten förekommit ett bättre alternativ. Typexemplet är när ett åkeri har ett kustnära hemområde norr om två sågverk, som område 1 i figur 6. Om åkeriets leveranskvot är ett timmerlass till sågverk A och B kommer frakten från det närmaste avlägget i område 1 hamna i kategori 2. Det innebär alltså att avlägget är det närmaste tillgängliga för att fylla leveranskvoten hos båda sågverken. Frakten till sågverk A kommer hamna i kategori 4 vilken innebär att kvoterna för de två sågverken kan fyllas av närmre avlägg. I verkligheten kan det närmaste avlägget bara fylla kvoten till ett av sågverken, vilket betyder att även kategori 4 avlägget behövs. Dessa kategori 4-frakter kan alltså ha utförts på optimalt sätt, vilket måste verifieras med hjälp av den grafiska visualiseringen. Om avläggen istället hade varit placerade i området mellan de båda sågverken hade båda frakterna hamnat i kategori 1 förutsatt att frakterna inte korsats.



Figur 6. Exempel på frakter från område 1 till sågverk A och B vilka båda kommer att sorteras i kategorier med risk för inoptimalt transportarbete.

Figure 6. Example of hauls from area 1 to sawmill A and B which both will be sorted in categories with risk of inoptimal transport work.

Användandet av Microsoft Excel som grund till TRUPP ger många fördelar gentemot andra mjukvaror, främst genom att de tilltänkta användarna är vana vid programmet. Utöver detta möjliggör Excel en enkel inmatning av rad- och kolumndata vilka har används i modellen (Bilaga 2, Figur 2). För TRUPPs omfattning ger Excel även rimliga lösningstider. Genom att skapa programmets kartfunktion med hjälp av Excel-diagram (Bilaga 2, Figur 3) undviks även kopplingar mellan mjukvaror som riskerar att sluta fungera. Med kartfunktionen finns även en nackdel. Varje frakt utgör en serie i diagrammet vilka är begränsade till maximalt 255 stycken. Det finns alltså situationer där alla frakter för analysperioden inte kan genereras på en och samma kartbild. Det är dock inte vanligt med det antalet frakter på en analysperiod upp till en vecka och redan vid 100 frakter är det svårt att urskilja enskilda frakter, varför ett större antal inte är önskvärt.

Validering

Under arbetet har valideringen varit en viktig del i TRUPPs processutveckling. Denna validering gjorde att inbyggda brister i modellen kunde korrigeras innan utvecklingen av nästa delprocess startade för att undvika att fel följde med genom hela modellen. Valideringen hjälpte även till att hitta brister i modellen vilka inte kunde uppstå i det datamaterial modellen byggdes kring utan uppmärksammades under analysens olika körningar. Detta innebär även att andra fel kan förekomma i modellen men ett scenario som orsakar dem har inte förekommit i indatat än. Fel i indata var även något som identifierades under valideringsprocessen. Bland annat identifierades avläggskoordinater som ligger i öppet hav och transportavstånd som skiljer mellan transportdata och virkesorderdata. Skillnader i transportavstånd kan orsaka att kategoriseringen blir felaktig, men under förutsättning att koordinaterna stämmer kan detta fångas upp i den visuella granskningen.

4.2 Analys av transporter

Fokus under arbetet har varit på utvecklandet av TRUPP och validering av modellen, men som en del av valideringsarbetet och för att testa TRUPPs tilltänkta funktioner fanns även syftet att göra vissa analyser. Analysernas omfattning är något begränsade då både tid och data saknats för utförligare analyser. Utöver de gjorda analyserna för TRUPPs huvudsakliga funktioner finns även andra tänkbara tillämpningsområden, exempelvis:

- Kvantifiering av potential för reducerat transportarbete och transportkostnader
- Kvantifiering av returandelar

- Uppföljning av leveransplaner
- Feedback till planeringsprocessen hos både befraktare och transportör
- Trendanalys
- Kvantifiering av ett åkeris frakter från andra hemområden, som mått av samarbete mellan åkerier
- Redovisning av fraktade volymer och transportkostnader

Tidsåtgången för utförda analyser låg i arbetet mellan 10 och 30 minuter per åkeri beroende på utfallet av kategoriseringen. Åkerier med en hög andel frakter i kategori 1 och låg returandel gick snabbast att analysera.

Analysens utförande och tidshorisont

En tydlig svaghet i analysen är att det manuella hanteringssteget inte är utfört av flödesansvariga hos Norra Skogsägarna. Trots att veckoutskick användes för att kunna ta hänsyn till tillfälliga stopp eller prioriteringar av en mottagningsplats finns en viss risk för en överskattning av potentialen av reducerat transportarbete. Detta på grund av att omständigheter kända av flödesansvariga kan ha förbisetts.

Vilken tidshorisont som används vid analysen kan vara avgörande för potentiell förbättring. Även om åkerierna får en månadskvot, får de även uppdaterade leveranskvoter av flödesansvariga varje vecka. Genom att analysera en månad åt gången finns dock en risk att en orealistiskt hög förbättringspotential hittas. Detta då avlägg för vilka man ser ett effektivare flöde ur ett månadsperspektiv, inte alltid finns tillgängliga hela månaden. Detta innebär att vecka för vecka inte finns samma förutsättningar för planeringen. Anledningen till att körningarna gjordes på en tredagarshorisont var att minimera sannolikheten att inte alla avlägg var tillgängliga.

Transportarbete och destinerings

Att det totala transportarbetet under lågsäsong är större än under högsäsong var oväntat. Möjliga förklaringar kan vara att tillgängliga avlägg under analysperioden hade längre medeltransportavstånd till mottagningsplats. Utöver detta är det för ett åkeri logiskt att välja att köra längre frakter för att hålla en hög utnyttjandegrad på sin lastbilsflotta även under lågsäsong. Av samma anledning finns en risk att dessa transporter körs längre än optimalt, vilket är negativt ur befraktarens synpunkt. Med ett litet stickprov som använts i analysen är det även möjligt att andra veckor gett motsatt resultat. Med mer data är detta något som kan undersökas med modellen.

Att timmerflödena visade sig ha en lägre besparingspotential än massavedsflödet är logiskt med tanke på att Norra Skogsägarna äger två stycken sågverk men inga massa- eller pappersindustrier. Flöden till de egna industrierna är något som prioriteras i första hand och därför läggs en leveransplan där det finns få alternativ för timmerflödet utöver de egna industrierna vilket förklarar den större andelen besparingspotential på massavedsflödet.

Utöver TRUPPs möjlighet att förbättra åkeriernas planering av sina flöden, kan modellen även identifiera brister i destinerings utförd av ansvariga på Norra Skogsägarna. Exempelvis finns flera exempel där åkeriet för enskilda frakter reducerat det utförda transportarbetet gentemot vad som hade varit optimalt baserat på åkeriets leveransplan. Under körningarna har dock dessa frakter gjort att andra frakter ökat i transportarbete med samma mängd. Det finns en sannolikhet att modellen hittar fall där det bara har inneburit

en reducering av transportarbetet. I detta läge kan det vara lämpligt att justera leveransplanerna.

Användning av returfrakter

Mellqvist (2004) visade att Norra Skogsägarnas kontrakterade åkerier hade en högre andel retururer under februari månad jämfört med september. Detta förklaras av Frisk (2003) och Fjeld (2014, pers. komm.) med att returandelen ökar med tillgång på volymer. Resultatet från analysen av åkeriernas användning av returfrakter tyder också på en skillnad mellan låg- högsäsong, vilket kan förklaras med skillnaden på tillgång av skogsråvara.

De två åkerier som använde returfrakter under både låg- och högsäsong hade hemområden som ingick i de två områden som enligt ”Transportsamordning Nord” hade störst besparingspotential med avseende på retururer (Frisk, 2003). Hemområdets potential till returfrakter är troligen den största anledningen till skillnader i returandel mellan åkerierna. Utöver detta påverkas även returandelen av hur bra åkerierna samarbetar med varandra.

Jämförelse med tidigare studier

Carlsson och Rönnqvist (1998) har i sin studie på veckonivå för samma region presenterat en kostnadsreducering på 2,9 % och med hänsyn till retururer stiger denna siffra till 6,3 %. Bergdahl (2002) har för timmerflöden i regionen presenterat en potentiell kostnadsbesparing på 5,3 % under en tvåveckorsperiod. Enligt Frisk (2014, pers. komm.) är det cirka hälften av denna potential som är realiseringsbar. Besparingspotentialen i denna studie är 0,9 % vilket är lägre än tidigare studier. Denna skillnad kan delvis förklaras med att hänsyn tagits till yttre faktorer som exempelvis behov av samlastning, prioriteringar eller tillfälliga stängningar av olika mottagningsplatser. Detta innebär att kostnadsreduceringen i TRUPP är till större grad realiseringsbar än i tidigare studier. Dessutom borde den kortare planeringshorisonten på tre dagar i denna studie minska potentialen ytterligare. Ytterligare förklaras skillnaden av att lösningsmetodiken skiljer sig åt. Frakter som sparar någon enstaka kilometer är lätta att förbise i denna modell, men fångas alltid upp av en linjär optimering. Till sist kan den relativt lilla kostnadsreducering i TRUPP förklaras av att Norra Skogsägarna haft beslutsstödet NETRA i 14 års tid (Örtendahl, 2001), vilket borde haft en positiv inverkan på transportplaneringen.

4.3 Framtida studier

Med TRUPP ges möjligheter till ett antal tänkbara framtida studier. Nästa steg kan vara att med modellen analysera variationer i besparingspotential både på dygns- och månadsnivå. Dessutom hade olika lastbilar inom samma åkeri kunnat jämföras. Att analysera ett större stickprov för variationer mellan säsonger hade även kunnat ge en säkrare skattning. En intressant analys hade även varit att göra en linjär programmering med syfte att minimera transportkostnaden för samma indata som används i denna studie. För att hitta ytterligare potential i reducerade transportkostnader, kan det även vara möjligt att andra faktorer behöver studeras, som exempelvis nya transportsystem.

En annan tänkbar studie är att undersöka hur stor del av skillnaden mellan åkeriernas returandel som kan förklaras med hemområdets förutsättningar kontra åkeriets kompetens och samarbete med andra åkerier.

4.4 Slutsatser

TRUPP ger logistikansvariga för rundvirkestransporter, som Norra Skogsägarna, goda möjligheter att effektivt följa upp utförda rundvirkestransporter. Den konstruerade modellen har visat möjligheten att snabbt identifiera inoptimala frakter, och genom kartfunktionerna analysera bakomliggande faktorer till transportörens ruttval. Utöver modellens huvudfunktioner ges även möjlighet till uppföljning av exempelvis leveransplaner och redovisning av fraktade volymer samt transportkostnader. Genom visualiseringen kan en tydlig feedback ges till kontrakterade åkerier där potentiella reduceringar av transportkostnaden identifierats. För samtliga sortiment fanns för analysperioden en total besparingspotential på 0,9 %. Denna potential är lägre än i andra liknande studier, men den ligger istället närmare den potential som är realiseringsbar jämfört med tidigare studier.

Referenser

- Andersson, G. Flisberg, P. Lidén, B. & Rönnqvist, M. (2008). *RuttOpt – a decision support system for routing of logging trucks*. (Can. J. For. Res. 38: 1784-1796).
- Bergdahl, A. (2002). *Olika faktorerers betydelse för potentiell kostnadsbesparing genom optimal destinering av timmer I Norrland*. Sveriges Lantbruksuniversitet. Studentuppsatser Skogsteknologi nr 53.
- Brunberg, T. (2014). *Skogsbrukets kostnader och intäkter 2013*. Skogforsk. Nr 69-2014. Tillgänglig: <http://www.skogforsk.se/sv/kunskap/db/2014/Skogsbrukets-kostnader-och-intakter-20131/?si=4FE40F6D5B845C1F888CE8FC56AD28F4&rid=2084546560&sn=SFSe archIndex> (2014-09-15)
- Carlsson, D. & Rönnqvist, M. (1998). *Tactical planning of forestry transportation with respect to backhauling*. (Lith-MAT-R-1998-13).
- Edlund, B. (2014). *Beslutsstöd för virkeshandel och flödesplanering. Vidareutveckling av NETRA*. Sveriges Lantbruksuniversitet. Institutionen för skoglig resurshushållning.
- Fohlin, Å. & Silver, M. (1997). *Kvantitativa modeller för lokalisering av sågverk*. Luleå Tekniska Universitet. Institutionen för Industriell ekonomi och samhällsvetenskap. 1997:42.
- Forsberg, M. (2003). *Transportsamordning Nord – Analys av returtransporter*. Uppsala: Skogforsk. (Arbetsrapport Nr 529).
- Forsberg, M. Frisk, M. & Rönnqvist, M. (2005). *FlowOpt – a decision support tool for strategic and tactical transportation planning in forestry*. (International Journal of Forest Engineering, vol. 16, no. 2).
- Frisk, M. (2003). *Transportplanering med Åkarweb – effekter, användarvänlighet och utvecklingsmöjligheter*. Sveriges Lantbruksuniversitet. Studentuppsatser Skogsteknologi nr 63.
- Hultén, L. & Bolin, H. (2002). *Information exchange and controllability in logistics*. Stockholm: Transport Research Institute. (Rapport 2002:3).
- Karanta, I. Jokinen, O. Mikkola, T. Savola, J. & Bounsaythip, C. (2000). *Requirements for a vehicle routing and scheduling system in timber transport*. In: Sjöström, K. (ed) 2000. Proceedings from 1st world symposium on logistics in the forest sector. Timber logistics club. Helsinki.
- Karlsson, M. Landström, A. & Fjeld, D. (2006). *Developing the backhaul exchange process between contractors in North Sweden*. Forestry Studies. Metsanduslikud Uurimused 45, 23-32, 2006.
- Lidén, B. Flisberg, P. & Rönnqvist, M. (2009). *Krönt vägval hittar smartaste vägen från skog till industri*. (Resultat från Skogforsk. No. 6 2009.) Uppsala: Skogforsk.
- Mellqvist, P. (2004). *Analys av massaveds samt timmerflöde med transportoptimeringsmodellen NETRA*. Sveriges Lantbruksuniversitet. Studentuppsatser Skogsteknologi nr 69.
- NEVEM. (1989) *Performance indicators in logistics*. Kemspton:IFSPublications/Springer-Verlag.
- Nilsson, B. (2004). *Kartläggning av transportstyrning inom skogsbranschen i Sverige*. Sveriges Lantbruksuniversitet. Studentuppsatser Skogsteknologi nr 70.
- Norra Skogsägarna. (2014). *Om Norra Skogsägarna*. Tillgänglig: <http://www.norra.se/omnorra/Pages/default.aspx> (2014-09-16).

- Rönnqvist, M. (2003). *Optimization in forestry*. Math. Program. Ser. B. 97: 267-284.
- Skogsstyrelsen. (2013). *Skogsstatistisk årsbok 2013*. Jönköping: Skogsstyrelsen.
- Örtendahl, A. (2001). *Analys av massavedsflöde med transportoptimeringsmodellen NETRA*. Sveriges Lantbruksuniversitet. Studentuppsatser Skogsteknologi nr 50.

Personlig kommunikation

- Fjeld, Dag. (2014) Universitetslektor, Institutionen för skogens biomaterial och skötsel.
SLU, Umeå.
- Frisk, Mikael. (2014) Forskare, Skogforsk.

Bilaga 1. Indata-variabler

Tabell 1. Transportdata-variabler hämtade från SDC
Table 1. Transport data variables collected from SDC

SDC-variabel	Förklaring
RNR	Redovisningsnummer
SAMLAST	Samlastssignal
ISST	Sortimentskod
AVLDAT	Ankomstdatum till mottagningsplats
ANKOM	Ankomsttid till mottagningsplats
HKODK	Huvudkod för befraktaren
INTNRK	Internkod för befraktaren innehållande SBO-nummer
TFTAG	Åkeriets kod
TFTAG_NAMN	Åkeriets namn
TRANSP	Kod för individuell lastbil
TRANSP_NAMN	Åkarens namn
MOTTPL	Mottagningsplats
MOTTPL_NS	Mottagningsplatsens nord-, sydkoordinat (SWEREF99)
MOTTPL_EW	Mottagningsplatsens öst-, västkoordinat (SWEREF99)
VONUM	Virkesordernummer
VO_NS	Avläggets nord-, sydkoordinat (SWEREF99)
VO_EW	Avlägget öst-, västkoordinat (SWEREF99)
M3FUB	Transporterad volym i m ³ fub (fast kubik under bark)
TON	Transporterad massa i ton
TRPKM_TR	Betalningsgrundande transportavstånd enligt Krönt Vägval

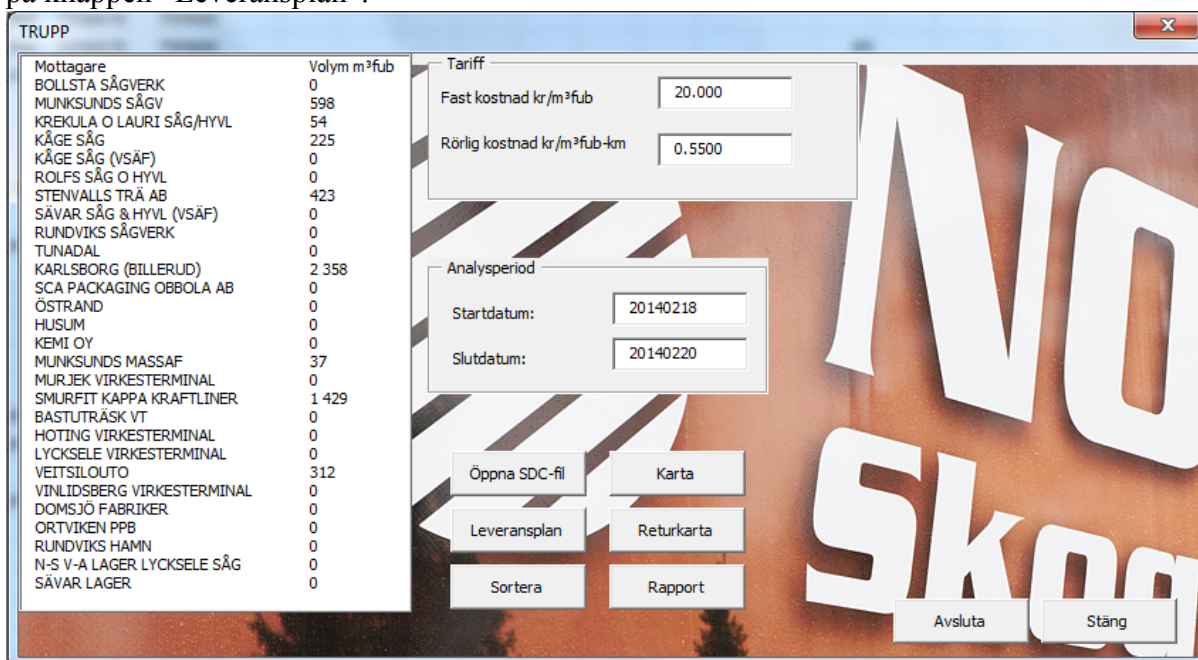
Tabell 2. Virkesorderdata-variabler hämtade från SDC
Table 2. Roundwood order data variables collected from SDC

SDC-variabel	Förklaring
VONUM	Virkesordernummer
SST	Sortimentskod
MOTTPL	Klarmarkerad mottagningsplats
TRPKM_VO	Betalningsgrundande transportavstånd till klarmarkerad mottagningsplats enligt Krönt Vägval

Bilaga 2. TRUPP

Följande bilaga syftar till att beskriva transportuppföljningsmodellen TRUPP och en användares alternativ under en körning.

TRUPP är skapat i Microsoft Excel och när programmet startas öppnas huvudmenyn (Figur 1). I huvudmenyn har användaren möjlighet att välja en SDC-fil som läses in, och därefter ange för vilken tidsperiod sorteringen och kategoriseringen ska göras. Åkeriets pristariff för transporter anges även här. Innan sorteringen och kategoriseringen kan köras lägger användaren in åkeriets leveransplan till olika mottagningsplatser genom att klicka på knappen ”Leveransplan”.



Figur 1. TRUPP:s huvudmeny.

Figure 1. TRUPP's main menu.

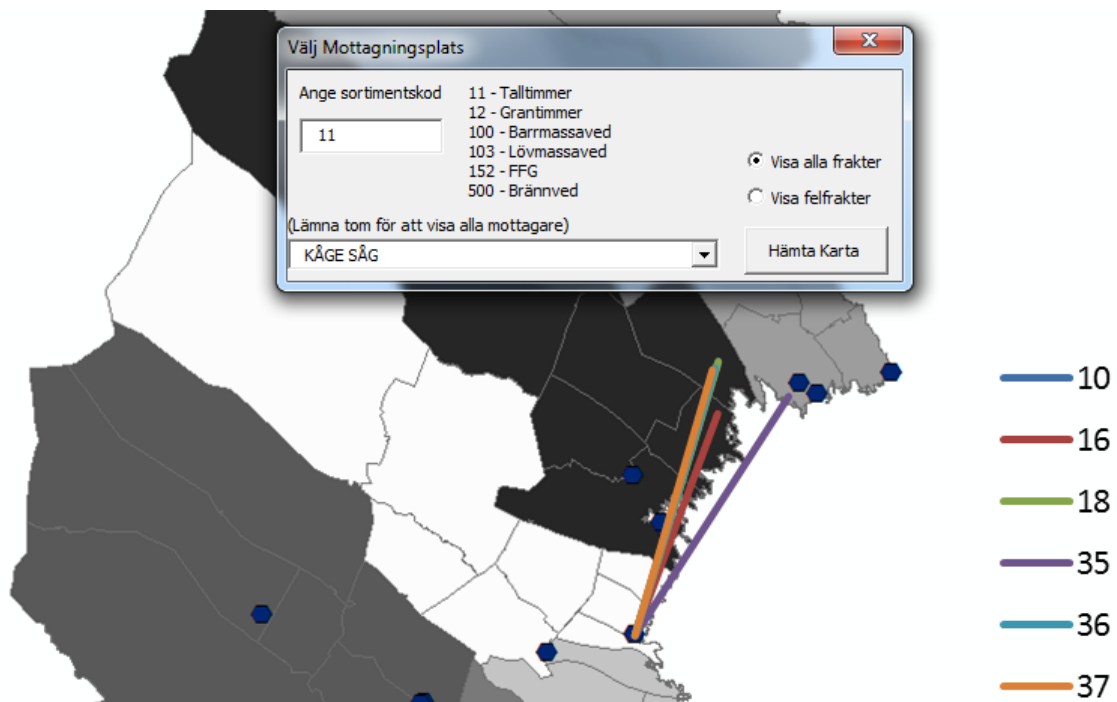
I indatatabellerna lägger användaren in nödvändig information för körningarna. För åkeriets leveransplan anges sortimentsvis volymen (m³fub) till varje mottagningsplats från respektive SBO (Figur 2).

Lägg till kvot		Spara	2					
Plats	Kod	Sortiment	70	71	72	73	74	81
BOLLSTA SÅGVERK	39071	11						
KREKULA O LAURI SÅG/HYVL	19413	11						
KÅGE SÅG (VSÄF)	19410	11		50				50
KÅGE SÅG (VSÄF)	19408	11						
MUNKSUNDS SÅGV	19240	11		1375				1375
ROLFS SÅG O HYVL	19512	11						
STENVALLS TRÄ AB	19529	11						
SÄVAR SÅG & HYVL (VSÄF)	29618	11						

Figur 2. Indatatabell för åkeriets leveransplan från virkesområde två till mottagningsplatser av talltimmer.

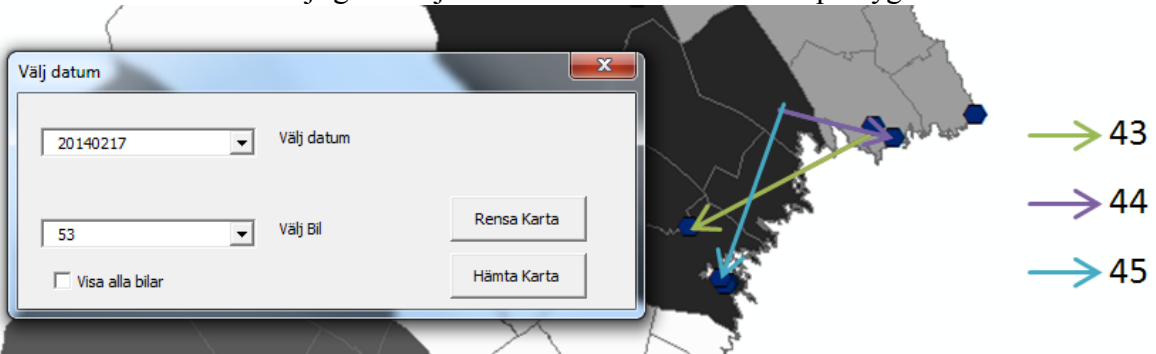
Figure 2. Input table for the hauling contractors delivery plan from wood area two to industries receiving pine timber.

Efter leveransplanen lagts till kan sortering startas genom att klicka på knappen ”Sortera”. Sorteringssteget i modellen tar upp till 10 sekunder beroende på analyserad tidshorisont. Arbetsgången i modellens manuella hanteringsprocess följer sedan tre steg. I det första steget visualiseras alla frakter av ett sortiment som inte hamnat i kategori 1 (Figur 3). I denna karta har användaren även möjlighet att visa frakter från alla kategorier till alla eller enskilda mottagningsplatser. Genom att klicka på en linje i kartan öppnas tabelldata från SDC där det finns fullständig information om frakten.



Figur 3. Exempelkarta för alla transporter av talltimmer till Kåge såg.
Figure 3. Example map for all transports of pine timber to Kåge sawmill.

I det andra steget kan misstänkt inoptimala frakter visualiseras på lastbils- och dygnsnivå (Figur 4) för att se vilka övriga frakter som utförts av den valda lastbilen under dygnet. Användaren har även möjlighet att jämföra alla åkeriets lastbilar på dygnsnivå.



Figur 4. Sekvenskarta för transporter utförda av en lastbil under ett dygn.
Figure 4. Sequence map for transports by one truck during one day.

I det sista steget markerar användaren inoptimala frakter i transportdatat vilket genererar en rapport med olika nyckeltal (Figur 5).

Rapport - Transportuppföljning									
Äkare:	NORRA SKOGSÄGARNAS ÅKERI								
Medeltariff:	25,00 kr/m ³ fub	0,600 kr/m ³ fub-km							
Period:	20140218	tom	20140220						
Total volym under perioden:	4 091 m ³ fub								
Total kostnad för period:	400 000 kr								
Kostnad per kubik	98,00 kr/m ³ fub								
Total kostnad inoptimalt transportarbete:	4 000,00 kr								
Besparingspotential	1,00%								
Totalt transportarbete under perioden:	362 557 m ³ fub-km								
Inoptimalt transportarbete:									
TT	GT	LT	BM	LM	FFG	BV	Totalt		
154	0	0	3 567	1 551	0	0	5 272	m ³ fub-km	
Reducering av transportarbete	1,48%								

Figur 5. Exempelrapport med modellens utdata.

Figure 5. Example report with the models output.