



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Institutionen för skogens biomaterial och
teknologi

Utveckling av ruttplaneringsverktyg (RPV) för mindre åkerier och åkare

*Development of route planning tool (RPV) for small fleets and
hauliers*

Jonatan Norman

Examensarbete • 30 hp

Jägmästarprogrammet

Rapport från Institutionen för skogens biomaterial och teknologi, 2018:17

Umeå 2018

Utveckling av ruttplaneringsverktyg (RPV) för mindre åkerier och åkare

Development of route planning tool (RPV) for small fleets and hauliers

Jonatan Norman

Handledare: Dan Bergström, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogens biomaterial och teknologi
Bitr. handledare: Björn Edlund, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogens biomaterial och teknologi
Examinator: Dimitris Athanassiadis, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogens biomaterial och teknologi

Omfattning: 30 hp
Nivå och fördjupning: Avancerad nivå, A2E
Kurstitel: Master thesis in Forest Sciences at the Department of Forest Biomaterials and Technology
Kursansvarig inst.: Institutionen för skogens biomaterial och teknologi
Kurskod: EX0772
Program/utbildning: Jägmästarprogrammet

Utgivningsort: Umeå
Utgivningsår: 2018
Serietitel: Rapport från Institutionen för skogens biomaterial och teknologi,
Delnummer i serien: 2018:17
Elektronisk publicering: <https://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: Ruttplanering, Transport, Rundvirke, Modellering, Beslutsstöd

Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för skogsvetenskap
Institutionen för skogens biomaterial och teknologi

Sammanfattning

Transporter står för en stor del av råvarukostnaderna inom skogsindustrin. En bra rutt kan sänka dessa kostnader samtidigt som det gynnar miljön. Många försök har gjorts för att optimera operativ ruttplanering men i dagsläget är rådande system för komplicerade för att användas till annat än i forskningssyfte.

Syftet med den här studien var att studera och beskriva det mindre åkeriets ruttprocesser samt att utifrån denna beskrivning konstruera och validera ett beslutsstöd som förenklar ruttplaneringsprocessens arbete. Målet med arbetet är att skapa ett fungerande verktyg som kan användas i praktiken.

Arbetet delades in i tre delar: den första delen av arbetet gick ut på att samla in bakgrundsinformation som var relevant för studien, den andra delen gick ut på att modellera själva verktyget och i den tredje delen validerades verktyget.

Resultatet av studien visar på att det går att använda verktyget för på ett enkelt sätt utföra ruttplanering. Verktyget ger en bra överblick över leveranssituationen och ger användaren möjlighet att testa olika ruttkombinationer. Dock finns en hel del utvecklingsmöjligheter, t.ex. skulle det kunna utvecklas till en applikation för telefon eller surfplatta och kopplas samman med Krönt Vägval för att ge ett beslutsunderlag helt anpassat för rundvirkestransport.

Nyckelord: Ruttplanering, Transport, Rundvirke, Modellerung, Beslutsstöd

Abstract

Transportations account for a large part of the costs in the forest industry. A good route planning can reduce these costs and reduce the environmental impact. Many attempts have been made to optimize operational route planning, but current systems are still very complicated and only used for research purposes.

The purpose of this study was to study and describe the small haulier route planning process, and on the base of that description construct and validate a tool that simplifies route planning. The goal of the project was to create a working tool that can be used in practice.

The work was divided into three parts: the first part of the work was to collect background information that was relevant to the study, the second part was to model the tool itself and the third part was to validate the tool.

The results of this study showed that it is possible to use the tool to perform the route planning. The tool provides a good overview of the supply situation and allows the user to test different route combinations. However, there are lots of opportunities for development, for example the tool could be developed into an application on a phone or tablet, and connected with Krönt Vägval to provide a base for decisions completely adapted for roundwood transportation.

Keywords: Route Planning, Transportation, Roundwood, Modelling, Decision Support

Förord

Denna studie är utförd som ett examensarbete på jägmästarprogrammet vid Sveriges Lantbruksuniversitet i Umeå. Syftet med arbetet var att konstruera ett beslutsstöd för ruttplanering hos mindre åkerier inom skogsnäringen.

Jag vill tacka mina handledare vid SLU, Dan Bergström och Björn Edlund, för väldigt bra handledning, givande diskussioner och många bra idéer under arbetets gång. Jag vill även tacka de lastbilschaufförer som ställde upp på intervjuer, detta gav bra inspiration för utformningen av beslutsstödet.

Jonatan Norman

Innehållsförteckning

1	Introduktion	7
1.1	Fakta om skogsnäringen	7
1.2	Fakta om timmertransporter	9
1.3	Allmänt om transportplanering	9
1.4	Ruttplanering	10
1.5	Ekonomi	11
1.6	Befintliga system och verktyg för transportplanering	11
1.7	Syfte	13
	1.7.1 frågeställning	13
	1.7.2 Avgränsning	13
2	Material och metoder	14
2.1	Övergripande om arbetet	14
2.2	Insamling av underlag till utformning av beslutsstöd från skogsnäringen	14
2.3	Programmeringsmiljö	14
2.4	Arbetsgången vid utvecklingen av beslutsstödet	15
2.5	Processer	15
	2.5.1 Datainsamling	16
	2.5.2 Databearbetning	16
	2.5.3 Datavisualisering	17
	2.5.4 Ruttplanering	17
2.6	Förutsättningar för utvecklingsarbetet	17
2.7	Validering	17
2.8	Analyser	18
3	Resultat	19
3.1	Startsida	19
3.2	Leveransplan	20
3.3	Visualiserad karta	20
3.4	Sorteringsfunktion	22
3.5	Rutter	22
3.6	Data	23
3.7	Verktyget grunddata	23
4	Diskussion	24
4.1	Material och Metod	24

4.2	Verktyget	25
4.3	Verktygets funktioner	26
4.4	Vilka styrkor och svagheter finns i verktyget?	26
4.5	Vilka förbättringsmöjligheter finns?	27
4.6	Validering	27
4.7	Praktisk implementering av verktyget	28
4.8	Slutsats	28
4.9	Vidareutveckling	29
	Referenser	30
	Bilaga	33

1 Introduktion

1.1 Fakta om skogsnäringen

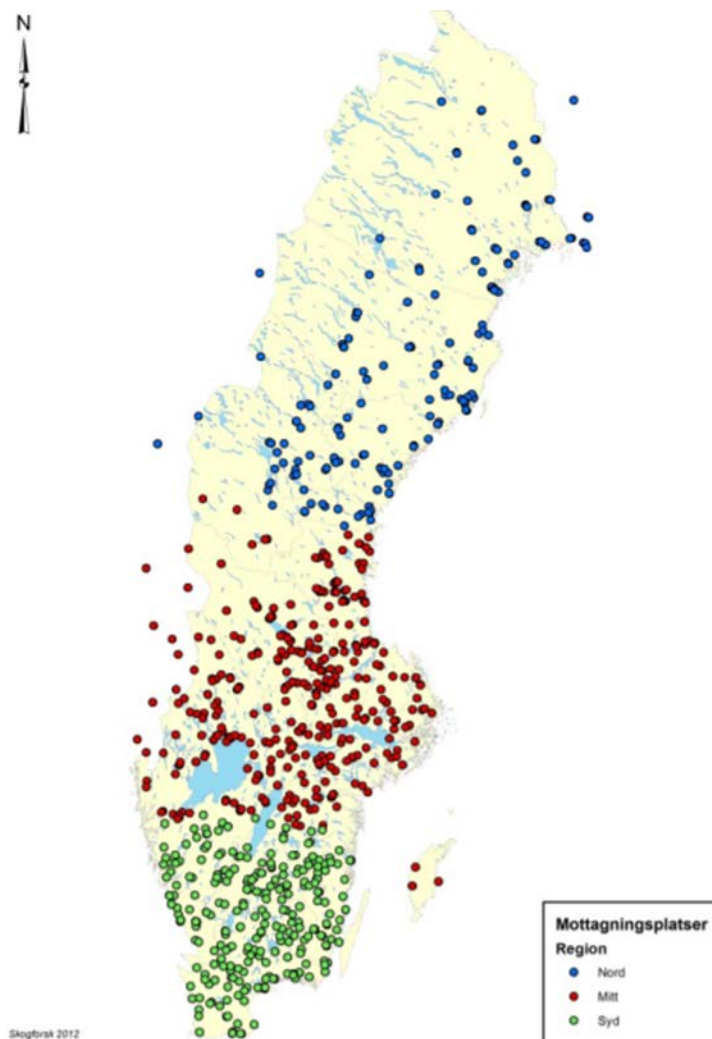
I Sverige finns det ungefär 23,3 miljoner hektar (ha) produktiv skogsmark. Det totala virkesförrådet uppgår till ca 3 miljarder m³sk (Eriksson & Joshi, 2014). År 2015 uppgick bruttoavverkningen till 92,5 miljoner m³sk (Joshi, 2016).

Huvuddelen av den svenska skogsindustrin ligger vid kusten, ofta vid utloppet av större vattendrag. Placeringen är ett resultat av att skogsindustrin till en början var beroende av älvarna för att kunna transportera virket till sina anläggningar. De stora skogsarealerna finns i inlandet vilket medför att råvaran måste transporteras ut till kusten (Näslund & Östlund, 1995).

Det finns olika typer av industrier, de delas upp i sågverksindustri, massaindustri och värme- och elproducerande industri. Generellt sätt sågas de grövre dimensionerna till virke, de klenare dimensionerna används till massaved och avverkningsrester till energi. Det blir allt vanligare att de olika industrierna efterfrågar en specifik råvara, t.ex. en del massabruk föredrar barmassa och en del föredrar lövmassa. Sågverken har ofta en egen apteringslista som skördarna apterar utifrån, detta innebär att direkt virket är avverkat så är det redan destinerat till en viss industri. Det finns några industrier som efterfrågar samma dimensioner vilket gör att det går att köra virket till valfri industri, men det blir allt vanligare att virket är låst till en viss industri (Wilhelmsson & Arlinger, 1997).

Industriernas upptagningsområde av virke varierar kraftigt. Hur stort upptagningsområdet blir beror på ett antal faktorer, t.ex: vilken kvantitet som efterfrågas; konkurrensen inom närområdet; vilka sortiment som efterfrågas (d v s vilka dimensioner eller trädslag som efterfrågas); speciella egenskaper på virket (en del industrier kan efterfråga virke som växt på ett visst sätt) (Fjeld & Dahlin, 2005).

Medeltransportavståndet för timmertransporter är ungefär 90 km (Saxton, 2015a) och varierar beroende på vart i landet transporten sker. Inom region nord är medeltransportavståndet för timmertransporter 110,5 km, inom region mitt 91,6 km och 81,0 km inom region syd (Figur 1) (Andersson & Frisk, 2010).



Figur 1. Regionsuppdelning av Sverige enl. Andersson & Frisks (2010) studie. Prickarna visar mottagningsplatser. Blå prickar tillhör region Nord, röda region Mitt och Blå region Syd.
Figure 1. Regional division of Sweden in Andersson & Frisks (2010) study. The points show delivery spots. Blue points belongs to region Nord, red points belong to region Mitt and green points belong to region Syd.

1.2 Fakta om timmertransporter

Varje år transporteras ungefär 40 000 000 ton rundvirke med lastbil i Sverige. Rundvirkestransporter står för ungefär 12,8 % av det totala transportarbetet som sker med lastbil i Sverige (Tran, 2014). En timmerbil får max väga 64 ton, inkl. last (Transportstyrelsen, 2015). Den maximala lastvikten kan variera något beroende på hur timmerbilen är byggd och om den har kran eller inte. Detta innebär att varje år så körs det ungefär en miljon lass rundvirke inom Sverige.

Virket hämtas vid ett avlägg i anslutning till avverkningen. Sedan transporteras det antingen vidare till industri eller till en terminal. Från terminalen kan det senare köras vidare till industri vid ett senare tillfälle med lastbil, tåg eller båt (Saxton, 2015a).

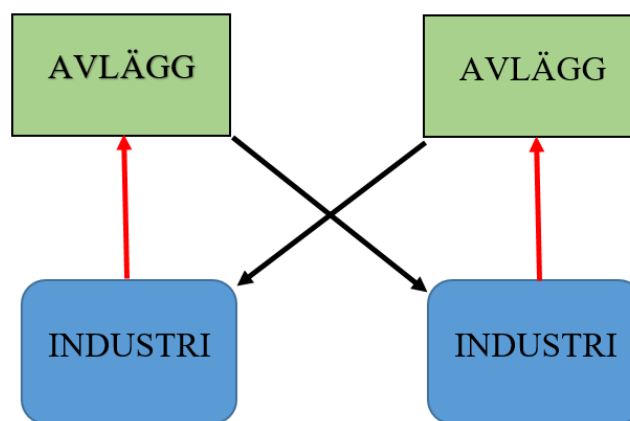
Det finns två typer av timmerbilar som används, gruppbilar och kranbilar. Gruppbilar har ingen egen kran utan blir istället lastade av en separatlastare. Generellt sett används gruppbilar vid stora avlägg. Vid mindre avlägg används ofta kranbilar. Kranbilar har en kran monterad på bilen och kan lasta sig själva, ibland ställs kranen av efter lastning vilket innebär att timmerbilen kan transportera mer last. En gruppbil kan lasta ungefär 40 ton och en kranbil lastar något mindre, ungefär 37 ton (Andersson et al., 2007).

Lastbilarnas transportarbete mäts i tonkilometer, tkm. Exempelvis har en lastbil som flyttat två ton en kilometer producerat 2 tkm. Vanligen får åkerierna betalt utifrån hur stort transportarbete de har utfört (Fjeld & Dahlin, 2005). T.ex. år 2014 utfördes ett transportarbete på 2820 miljoner tkm för att transportera massaved inom Sverige och 2588 tkm för att transportera sågtimmer (Saxton, 2015a).

1.3 Allmänt om transportplanering

Transportplanering delas ofta in i tre olika nivåer, strategisk, taktisk och operativ nivå. På strategisk nivå arbetar man ofta med frågor som berör byggnation av nya vägar, företagets kvoter mot industri och leveransplaner. Strategisk planering berör ofta planeringshorisonter mellan ett och fem år. Nästa nivå är taktisk planering, här fokuseras det främst på att skogen ska kunna leverera utifrån industrins behov. Taktisk planering har ofta en planeringshorisont mellan en och några månader. Den kortaste tidshorisonten är operativ planering, inom transportplanering planeras ofta vem som skall köra vad och till vilken destination det skall levereras.

För att effektivisera transporterna vill man minimera tomkörningen, detta görs genom att hitta returerna (se figur 2). För att en retur ska uppstå krävs det att två eller fler sortiment kan korsköras. I praktiken innebär det att timmerbilen kör ett sortiment till en industri och sedan lastar ett nytt lass vid ett avlägg i närheten av industrin och sedan levererar detta tillbaka till det område den startade ifrån. En sådan retur innebär att tomkörningen minskas. Enligt Ekstrand & Skarin (2005) är returerna viktiga för att få lönsamhet i verksamheten. För att lyckas hitta returerna krävs det god information om väglager och en tydlig översikt över vart dessa finns. Både ur ett ekonomiskt perspektiv men även ur ett serviceperspektiv är det viktigt att planera den dagliga körningen så noggrant som möjligt utifrån den information som finns tillgänglig (Lindström, 2010).



Figur 2. Schematisk beskrivning över principen med returkörning. Svarta pilar visar lastad körning. Röda pilar visar tomkörning.

Figure 2. Schematic diagram of the principle of reverse run. Black arrows indicate loaded transport. Red arrows indicate unloaded transports.

1.4 Ruttplanering

Lindström (2010) delar in ruttplaneringsprocessen i fyra olika delprocesser, dessa är datainsamling, förberedande planering, huvudbeslut och resursallokering. Datainsamling innebär mottagande av transportorder. Detta sker oftast digitalt via ett datasystem men kan även ske via telefon. Förberedande planering består av ett antal aktiviteter; kvotuppföljning, rangordning av transportordrar, geografiska motflöden, samarbete med andra åkerier. Huvudbeslut består av tre aktiviteter; bortsållning av ofarbara transportordrar, klustring av lass och tidsplanering av skiftgång och körtider. Resursallokering innebär att utföra aktiviteterna körning och skiftbytesplanering. Processerna finns visualiserade i Lindströms (2010) processkarta i Bilaga 1.

Ruttplanering för timmertransporter brukar beskrivas som ett TTVRP (Timber Truck Vehicle Routing Problem). Den stora skillnaden mot ett traditionellt VRP (Vehicle Routing Problem) är det stora antalet restriktioner. Det finns olika sätt att lösa ett TTVRP men ofta blir lösningarna väldigt komplexa och kvalitén i lösningen är väldigt beroende av hur bra problemet har blivit beskrivet (Karanta et al., 2000). Ett scenario med 5 mottagningsplatser och 20 lagringsplatser ger totalt 25 noder. Antalet möjliga alternativ växer exponentiellt, och exemplet ger 25^2 ger 625 möjliga rutter, i teorin. Det innebär att det blir tidskrävande om varje alternativ skall hanteras manuellt.

1.5 Ekonomi

Transporter står för ungefär 30 % av råvarukostnaden inom skogsindustrin. Om den totala transportsträckan kunde sänkas skulle även råvarukostnaden minska (Walter & Carlsson, 1998).

Inte bara ekonomiskt finns det fördelar med att minska transportsträckorna. Det är även bra miljön om det går att korta ner transporterna då en lastbil släpper i genomsnitt ut 120 gram koldioxidekvivalenter per tkm (Saxton, 2015b). Detta innebär att rundvirkestransporter årligen, i teorin, genererar 648960 ton koldioxidekvivalenter (Saxton, 2015b).

1.6 Befintliga system och verktyg för transportplanering

Skogforsk har utvecklat ett verktyg som heter RuttOpt. RuttOpt är ett verktyg som optimerar rutter inom rundvirkestransporter och därigenom minskar transportkostnader. Studier visar att kostnaderna kan minskas med 5-30 % m.h.a. optimeringsprogrammet RuttOpt. En nackdel med RuttOpt är komplexiteten. Det tar tid att sätta sig in i och blir därför inte användarvänligt. RuttOpt används främst för forskningsändamål (Andersson et al., 2007).

RuttOpt är uppbyggd på ett antal modeller. Den första modellen är ett verktyg som räknar ut sträckan mellan avlägg och mottagningsplats. Data om vägar tas från den nationella vägdatan. I programmet finns även en databas där data om transportresurser, lastbilar, chaufförers hemområden och skiftbyten finns. Den andra modellen är en optimeringsmodell som schemalägger transporten för lastbilarna. Den är baserad på en linjärprogrammering. Den tredje modellen är en databas med relevant information såsom väglager och leveransplan.

En analys i RuttOpt kan delas in i fyra steg: 1) datainsamling, 2) förberedelse av data för optimering, 3) optimering och 4) bearbetning och redovisning av resultat. Gränssnittet som används är baserat på ESRI:s ArcView (Andersson et al., 2007).

Skogsbolaget Holmen har utvecklat ett webbaserat system som heter Åkarweb. Det är ett system som hjälper transportledaren med att distribuera information till åkarna. Åkarweb har även en funktion som optimerar transporter med avseende på rutter. Med Åkarweb kan transportörer få information om aktuellt väglager och förslag på rutter. Roscher (2001) visar att Åkarweb underlättar planeringsarbetet och ökar möjligheten för att samordna transporter. Systemet används idag av Holmen och Norra skogsägarna (Frisk, 2003).

Det finns även ett system som heter KOLA, systemet utvecklades ursprungligen av Södra skogsägarna och Sydved tillsammans med TietoEnator. Idag ägs systemet av Statens Datacentral, SDC. KOLA är mer av ett kommunikationssystem som underlättar kommunikationen mellan transportledare och transportör. Systemet kan skicka transportordrar till transportörerna. KOLA finns i två versioner, KOLAmapp och KOLAweb. KOLAmapp används främst av transportören för att ta emot information och KOLAweb används på administrativ nivå för att t.ex. skicka transportordrar (Svarén, 2013).

Åkarweb och KOLA är byggda för att transportledare ska kunna kommunicera med lastbilschaufförer. Det finns i dagsläget inget verktyg där chaufförerna själva kan få en överblick över leveranssituationen. Eftersom det i dagsläget inte finns något öppet program som vem som kan användas av alla åkerier så torde det finnas en utvecklingspotential. Eftersom det rör sig om utveckling av en ny typ av beslutsstöd så kan det vara svårt att se behovet efter detta. Enskilda små åkerier har inte resurser för att ta fram egna beslutsstöd.

Även i Finland har det gjorts försök med att optimera returtransporter där Palander et al. (2013) testade att optimera returerna för flittransporter, och lyckades delvis. De använde sig av heuristisk Linjärprogrammering (LP)-modell. De kom fram till att det gick att modellera, men det scenariot de använde sig av var inte tillräckligt verklighetstroget för att verktyget skulle kunna appliceras i praktiken.

Det finns ett antal ruttoptimerande system utanför skogsindustrin. Vanligtvis optimerar dessa system enklare ruttplaneringsproblem. Exempel på sådana system kan vara inom sophämningsverksamhet (Ekengren & Sjans, 2005), postdistribution (Hellqvist & Iljic, 2016) och paketsdistribution (Descartes, 2016). Transporten inom skogsindustrin är väldigt speciell. Det som framförallt skiljer den från övriga transportsektorn är det faktum att upphämningsplatserna ständigt förändras, vägarna har olika bärighetsklasser som måste tas hänsyn till och industrins efterfrågan på sortiment kan snabbt förändras (Karanta et al., 2000).

1.7 Syfte

Syftet med studien var att konstruera och validera ett beslutsstöd som förenklar ruttplaneringsprocessens arbete. Målet med arbetet är att skapa ett fungerande verktyg anpassat för mindre åkerier och enskilda åkares behov för ruttplanering som kan användas i praktiken. Det färdiga beslutsstödet skall vara implementerbart för alla regioner och transportuppdrag av rundvirke i Sverige.

1.7.1 frågeställning

Vilka funktioner bör ett beslutsstöd för ruttplanering innehålla för att bli användbart för skogsnäringen?

Vilket gränssnitt bör ett sådant beslutsstöd ha och vilket typ av program bör det baseras på?

Hur detaljerat ska verktyget vara, vilken typ av information är relevant för åkerierna?

1.7.2 Avgränsning

Arbetet avgränsas till rundvirkestransporter. Under arbetets gång kommer ett fall som utspelar sig i södra Norrbotten ligga till grund för arbetet.

2 Material och metoder

2.1 Övergripande om arbetet

Arbetet delades in i tre delar. Den första delen av arbetet gick ut på att samla in bakgrundsinformation om vilka funktioner, vilket gränssnitt och vilka datamängder ett sådant verktyg bör hantera. Den andra delen gick ut på att modellera själva verktyget. Den tredje delen gick ut på att validera verktyget.

2.2 Insamling av underlag till utformning av beslutsstöd från skogsnäringen

För att få inblick i näringen och ta del av åsikter fördes samtal med två åkare som är verksamma i Norrbotten. Under samtalet diskuterades ruttplaneringsprocessen utifrån Lindströms (2010) processkarta. Dessa synpunkter och åsikter användes sedan vid planeringen av verktygets uppbyggnad. Under samtalet diskuterades även lämpliga programunderlag, vilken typ av information som är relevant för åkarna samt vilka typer av oförutsägbara händelser som verktyget bör kunna hantera.

2.3 Programmeringsmiljö

Microsoft Excel användes som grund för uppbyggnaden av beslutsstödet. För att visualisera och förtydliga resultat användes en applikation till Excel som heter Power View. Det är en applikation som används för koppla ihop tabeller i Excel med ett kartunderlag (Microsoft office support, 2016).

2.4 Arbetsgången vid utvecklingen av beslutsstödet

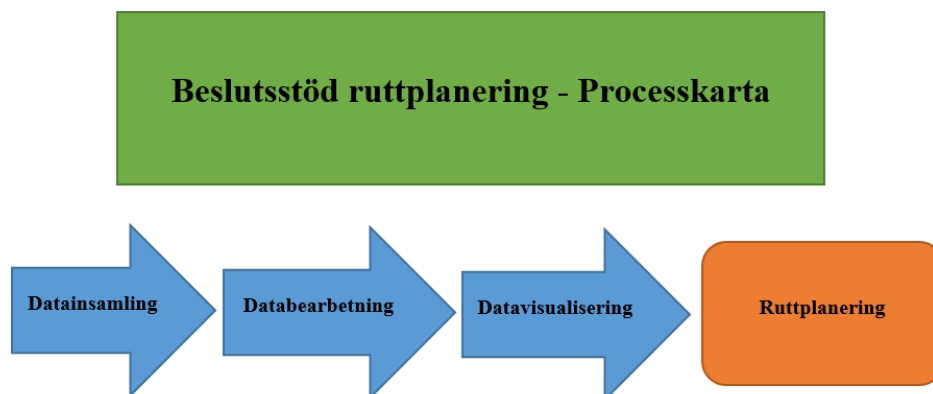
Arbetsgången under arbetet var följande:

- Planering av vilka processer som verktyget ska bestå av.
- Planering av vilka funktioner som ska ingå i dessa processer och funktionernas funktionalitet (dessa funktioner beskrivs i resultat).
- Planering av vilka steg som skall vara med, hur dessa ska genomföras och vilka skall genomföras.
- Bakgrundskoll på internet för de olika funktionerna.
- Testbyggnation av funktion.
- Validering av funktionen.
- Revidering och eventuellt ny faktasökning.
- Byggnation av slutlig funktion.
- Implementering i den slutliga modellen.
- Validering av implementeringen.

Vissa funktioner har fungerat direkt och andra har reviderats i flera steg.

2.5 Processer

Verktyget delades in i ett antal processer: Datainsamling, databearbetning, datavisualisering och ruttplanering (figur 3).



Figur 3. Processkarta över de olika processerna som verktyget är indelat i.
Figure 3. Process overview of the different processes that the tool is divided into.

2.5.1 Datainsamling

Data om vilka sortiment och kvantiteter det finns på avläggen skrivs in manuellt i verktyget. Det data som är relevant för att verktyget ska fungera är:

- Virkesordernummer (VO-nummer)
- Koordinater
- Sortimentfördelning
- Mottagningsplats
- Volym/sortiment
- Vägklass

Koordinaterna anges enligt referenssystemet WGS84 (Lantmäteriet, 2017). Vägklass är inte nödvändigt för att verktyget ska fungera. Vägklass anges enligt klassningen A,B,C och D. Vägklass A är körbar året om, B året om förutom vårförfall, C året om förutom vårförfall och höstförfall och D endast körbar på tjälad mark.

Det geografiska datat som behövs för de olika noderna skrivs in manuellt i verktyget. Det data som behövs är:

- VO-nummer (för avlägg)
- Namn på noden (för hemorter, mottagningsplatser och tätorter)
- Koordinater

Under fliken ”Noder” (se figur 4) skapas två tabeller. En tabell där avläggens VO-nummer listas i en kolumn och avläggets koordinater i kolumnerna bredvid. I den andra tabellen listas alla fasta positioner (mottagningsplatser, hemorter och tätorter) i en kolumn och deras koordinater i kolumnerna bredvid.

Data om leveransplanen skrivs in manuellt i verktyget. Det data som krävs är:

- Sortiment
- Mottagningsplats
- Planerad leveransvolym
- Levererad volym

2.5.2 Databearbetning

Under fliken ”Avlägg_Avstånd” (se figur 4) beräknar verktyget vilka avlägg som finns inom ett avstånd från en given startkoordinat. De avlägg som återfinns inom detta avståndet får värdet ”TRUE”. De avlägg som inte återfinns inom detta avstånd får värdet ”FALSE”. Denna information används sedan i nästa process där data visualiseras.

2.5.3 Datavisualisering

I den här processen visualiseras indata kombinerat med kartor och tabeller, se figur 5, 6 och 7. Detta görs med hjälp av tre funktioner. Dessa funktioner är: "Leveransplan", "Visualiserad karta" och "Sorteringsfunktion". Det grunddatat som är kopplat till dessa funktioner kommer från fliken "Avlägg_avstånd".

2.5.4 Ruttplanering

Med informationen som visualiseras i verktyget under processen datavisualisering kan användaren prova bygga sina rutter. Ruttplaneringen utförs med hjälp av en funktion som kallas för "rutter".

2.6 Förutsättningar för utvecklingsarbetet

Under utvecklingen av ruttplaneringsverktyget formulerades en fallstudie utifrån ett typiskt företag i södra Norrbotten. Modellen anpassades för att kunna hantera en timmerbils ruttplanering under två skift. Modellen är anpassad för att kunna hantera ett hundratal avlägg.

2.7 Validering

Genom att manuellt kontrollera alla funktioner i excelmodellen under arbetets gång så kan dessa funktioner säkerställas. Den automatiska sorteringen av vilka avlägg som befinner sig inom sökområdet kontrollerades genom en manuell sortering för att säkerställa att den sorterar enligt önskemål. Avstånden mellan ett antal noder (avlägg och mottagningsplatser) kontrollerades mot ett kartunderlag i GIS format. Modellen jämfördes med ett verkligt scenario där samma ingångsvariabler användes som en för en timmerbil under tre dagar. Timmerbilens verkliga körning jämfördes med ett förslag framtaget med hjälp av modellen. Detta upprepades sedan för ytterligare en timmerbil.

Google Maps tidsfunktion ger ett kontinuerligt fel eftersom den är framtagen för personbil. Timmerbilar får inte köra fortare än 80 km/timme vilket medför ett fel där körtiden underskattas, exempelvis skulle en sträcka på 100 km ta 28 % längre tid att köra med lastbil om det antas att bilen håller en medelhastighet av 90 km/timme och lastbilen håller en medelhastighet av 70 km/timme.

Koordinatangivelsen orsakade vissa buggar. För att Excel ska kunna läsa koordinater anges dessa med kommatecken. Google Maps kräver koordinater angivna med punkt. Detta orsakade vissa problem men löstes genom att söka ut alla kommatecken och byta ut dessa mot punkter för kolumnerna med koordinater som skulle kopplas mot Google Maps. Excel hanterar överlag svenska bokstäver (Å, Ä & Ö) bra men i vissa sökfunktioner ställde dessa till problem. Detta löstes genom att Å, Ä, & Ö byttes ut mot A, A & O.

2.8 Analyser

Modellen genererar två typer av utdata. Den ena typen består av övergripande information om avlägg och leveransvolymer kompletterat med kartunderlag och pivåtabel. Den andra typen av information består av data om de olika ruttalternativen. Den första typen av information behövs för att med hjälp av modellen kunna skapa de olika ruttalternativen och där sedan få information om avstånd, körtid, transportabete och andelen lastad körning. Andelen lastad körning räknas ut utifrån vilka sträckor som körts lastade respektive olastade. Först lades lastbilarnas verkliga rutter i modellen. Sedan planerades nya rutter med modellen. Medelvärde av andelen lastad körning jämfördes sedan mellan de ursprungliga rutterna och de som var planerade med modellen.

3 Resultat

3.1 Startside

Modellen är uppbyggd i ett antal funktioner. Från startmenyn kan dessa funktioner väljas. Dessa funktioner är: Rutter, Sorteringsfunktion, Visualiserad karta, Leveransplan och Data (figur 4). Från startsidan anger man sin position enligt WGS84 samt ett sökavstånd, detta för att i ett senare skede kunna söka ut lämpliga avlägg inom det valda avståndet.

Ruttplaneringsverktyg

Rutter | Sorteringsfunktion | Leveransplan | Visualiserad Karta | Data

Din position: Latitud 60,1351, Longitud 12,197 | Sök inom 100 Kilometer

Detta är ett verktyg som är utvecklat för att förenkla ruttplanering för åkare och mindre åkare inom timmertransportsektorn. Verktyget bör ses som ett beslutstöd för att hjälpa chauffören att visualisera och tydliggöra data.

Verktyget har ett antal funktioner:

- Visar sortiment och mottagningsplatser för avlägg i en karta
- Ger möjlighet till att sortera information om avlägg utifrån ett antal faktorer.
- Hjälper chauffören att planera rutter
- Visualisera leveransplaner

För att verktyget skall fungera måste indatat anges i givet radformat enligt angivet mönster.

Här anges de olika ruttalternativen

Visar alla avlägg i form av en pivåtabel

Här anges industrins efterfrågan samt inkörda volymer

Visar avlägg i form av tårtdiagram på en översiktskarta

Noder, här anges geografiska data om noderna

Avlägg, anges data om avläggen

Här anges grunddata om fordonet

Ange din aktuella position och ett sökavstånd

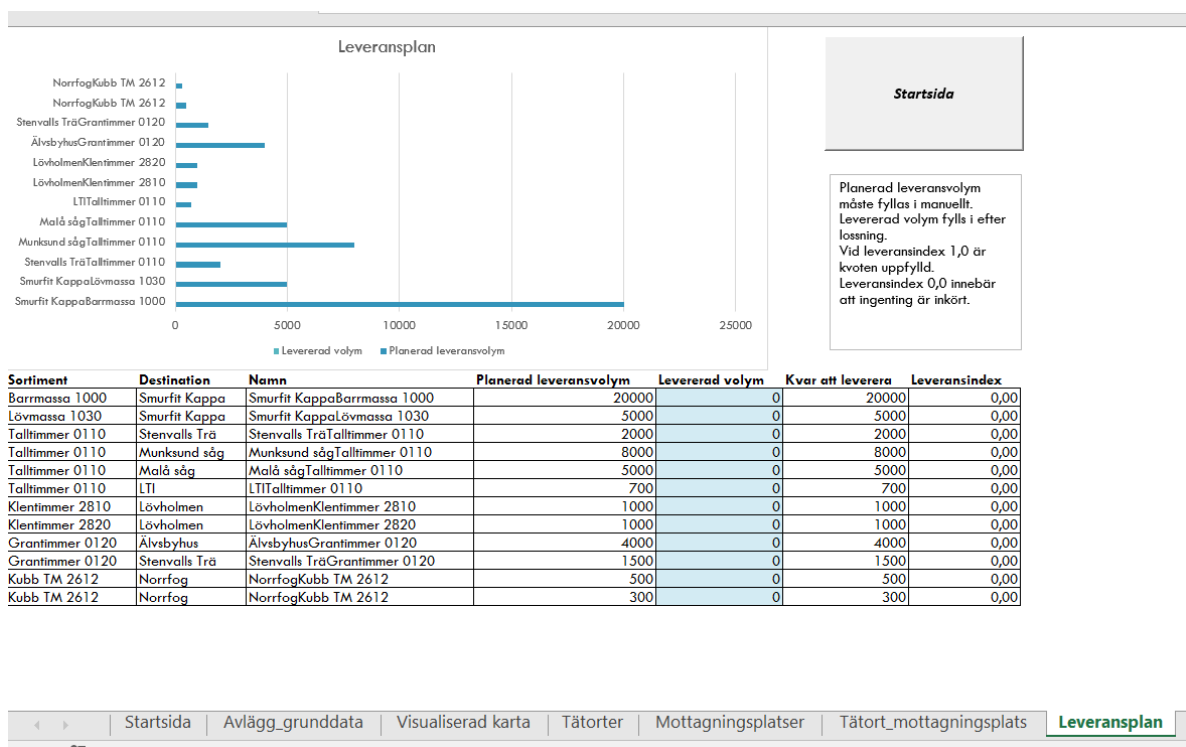
Startsida | Noder | Avlägg | Visualiserad karta | Leveransplan | Sorteringsfunktion | Rutter | Data | Beräkningsflik

Figur 4. Ruttplaneringsverktygets "Startside" med de övergripande funktionerna.
Figure 4. Route planning tool "startup page" with the main functions.

Vilka avlägg som kommer med i utsökningen väljs av en matematisk funktion som testar vilka koordinater som uppfyller kraven för det avstånd som har valts på ”Startsidan”.

3.2 Leveransplan

Under fliken ”Leveransplan” fylls planerad leveransvolym och levererad volym i. Även grunddatat om det olika industrierna fylls i här. Verktøget räknar sedan ut hur mycket som är kvar att leverera samt ett leveransindex, där t.ex. 1 indikerar att all volym är levererad och 0,5 50%. Data visas sedan i ett stapeldiagram (figur 5). För att fliken ”Leveransplan” skall fungera måste data för de olika mottagningsplatserna skrivas in manuellt.



Figur 5. Figuren visar fliken ”Leveransplan”. Här ger verktøget en översikt över den rådande leveranssituationen.

Figure 5. The figure shows the sheet "Delivery Plan". The tool provides an overview of the current supply situation.

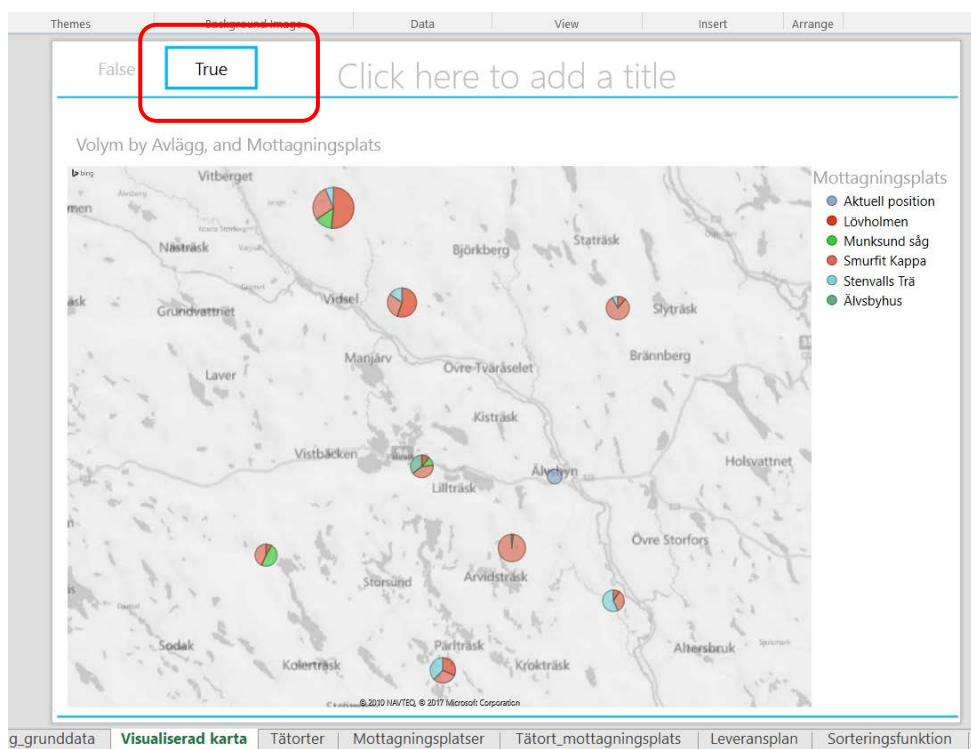
3.3 Visualiserad karta

Under fliken visualiserad karta (figur 6) visas sortiment alternativt mottagningsplats på de olika avläggen. Datat hämtas från datasetet under fliken ”Avlägg”. Endast de

avlägg som är inom det angivna avståndet visas. ”TRUE” måste vara valt i skärmens övre del, se figur 6. Tårtdiagrammens innehåll kan varieras genom att fältet ”color” ändras mellan sortiment mottagningsplats. Bakgrundkartan som används är en översiktskarta.

För att data ska visas korrekt skall rätt fält (vänster kolumn nedan) kopplas samman med rätt ingångsvariabel (höger kolumn nedan) i Power View enligt följande:

- Size – Volym
- Tile by – Inom avstånd
- Locations – Avlägg
- Longitude – Longitud
- Latitude – Latitud
- Color – Sortiment/Mottagningsplats



Figur 6. I den visualiserade kartan kan verktyget visa vart avläggen finns. Avläggen visas som tårtdiagram. Tårtdiagrammen visar antingen andelen volym per mottagningsplats eller andelen volym per sortiment. TRUE måste vara valt i kartans övre del.

Figure 6. The Visualized map shows where the pickup-locations are. The locations are shown as pie charts. The Pie charts show the percentage of either volume per reception venue or the share volume per assortment. TRUE must be selected in the map's upper part.

3.4 Sorteringsfunktion

Under fliken ”sorteringsfunktion”, se figur 7, finns en pivåtabel som visar data för de avlägg som ligger inom det valda avståndet i figur 4. Tabellen läser sitt grunddata mot datasetet som finns under fliken ”Avlägg”. Datat kan sorteras utifrån vägklass, avstånd, mottagningsplats och sortiment. Datat sorteras genom att rubriker sätt in i rätt fält i menyraden till höger av skärmen. Det går även att söka ut enskilda avlägg utifrån dess VO-nummer.

1	Vägklass	(All)																	
2	Inom avstånd	TRUE																	
3																			
4	Sum of Volym	Column Labels																	
5	Row Labels	110	120	320	410	620	1000	1020	1030	1040	1090	1320	1340	2820	5090	Aktuell position	Grand Total		
6	20924771						42	42						84			168		
7	20925670	42	84														126		
8	20925697	42															42		
9	20925948													42			42		
10	20926162		42			42	42							42			168		
11	20926820		42														42		
12	20927436		42														42		
13	20927967								42								42		
14	20928181								42								42		
15	20928351									42							42		
16	20928548		42														42		
17	20928793						42										42		
18	20928858		42														42		
19	20929005					42											42		
20	24018988		42														42		
21	24019275						252										252		
22	24019283		42				84										126		
23	24019291		42														42		
24	24019364						42										42		
25	24019372								42								42		
26	24019380		42		42												84		
27	24019429		42				84										126		
28	24019445						42		42								84		
29	24019461		42	168				42									252		
30	24019496														42		42		
31	24019542		84	126											84		294		
32	24019550		42	168				42							84		336		
33	24019585				42												42		
34	24019593				84												84		

Figur 7. Verktygets sorteringsfunktion. Här kan avlägg sorteras utifrån sortiment, mottagningsplats, vägklass och avstånd.

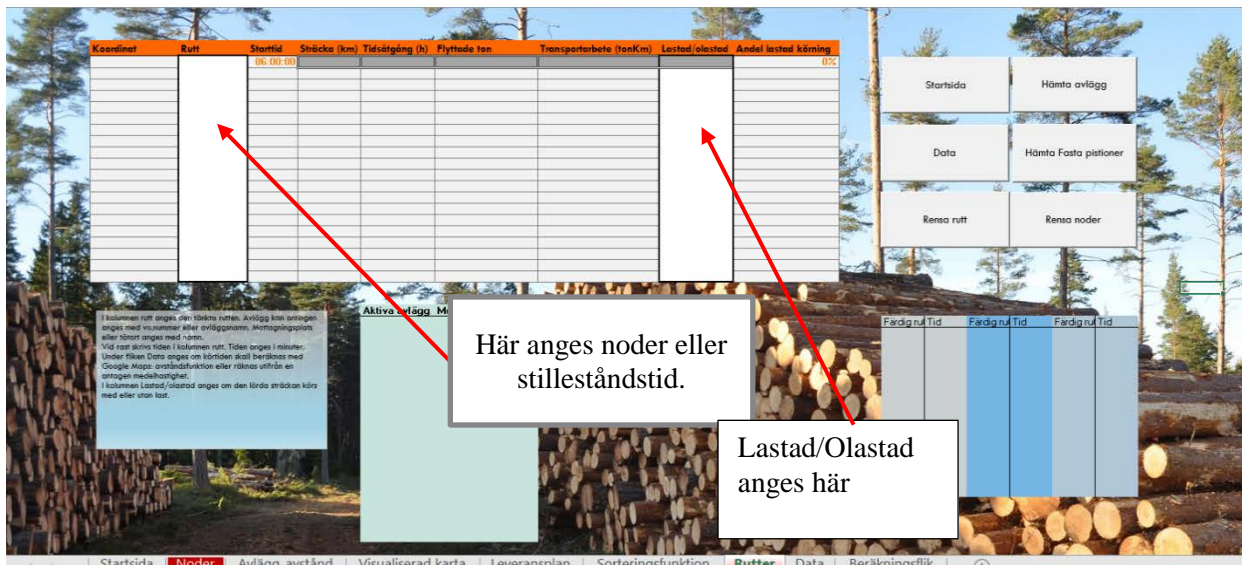
Figure 7. The tool's sorting function. Here landings can be sorted based on range, reception venue, road class and distance.

3.5 Rutter

Under fliken Rutter kan man själv lägga in den tänkta rutten (figur 8). Modellen visar då ett avstånd och en tidsåtgång mellan varje tänkt nod. Tidsåtgången kan antingen beräknas med Google Maps eller utifrån en angiven medelhastighet. Avståndet mellan de olika noderna beräknas med hjälp av Google Maps avståndsprogrammeringsgränssnitt för applikationer (API). Tidsåtgången beräknas med Google Maps tids API. API är en specifikation för hur en applikation, i det här fallet Excel, ska kommunicera med ett dynamiskt bibliotek som i det här fallet är Google Maps. API byggs in i Excels Virtual Basic Editor (VBA). API funktionerna klistras sedan in som Excel-funktioner. Modellen kopplar samman noderna med koordinater som finns under fliken ”Noder”. Beräkningsmetod för tidsåtgång kan väljas under fliken

”Data”. Om medelshastighet väljs kan även medelshastigheten väljas. Default är 65 km/timme. Istället för en nod kan en stilleståndstid skrivas in. Tiden anges i minuter och kan användas exempelvis om chauffören tar rast, fordonet lastas eller något oförutsett inträffar.

I en kolumn anges om sträckan körs lastad eller olastad, detta för att modellen ska beräkna transportarbetet samt andelen lastad körning. Transportarbetet redovisas i separat kolumn. Även lastkörningsgraden, d.v.s. hur stor andel av körsträckan som körs med last, beräknas av modellen.



Figur 8. Figuren visar fliken ”Rutter”. Här kan sträcka, tidsåtgång och transportarbete testas för olika ruttalternativ.

Figure 8. The figure shows the sheet ”Rutter”. In this sheet distance, duration and transport work can be tested for various route options.

3.6 Data

Under fliken Data anges grunddata för fordonet. Modellen behöver detta data för att räkna ut transportarbete under fliken ”Rutter”.

3.7 Verktuget grunddata

Grunddatat som beskrivs under datainsamling skrivs in under flikarna ”Noder”, ”Leveransplan” och ”Avlägg”. 4. Diskussion

4 Diskussion

4.1 Material och Metod

Insamlingen av bakgrundsinformation genomfördes som planerat innan själva modelleringen började. Möjligtvis hade extra tid för komplettering av referenser behövts under arbetets gång. Insamlingen av information från näringen hade förmodligen kunnat göras på en nationell nivå för att få en mer övergripande bild över vilka förutsättningar som råder för olika delar av landet. De åkerier som intervjuades är verksamma i norra Sverige. Förmodligen har dessa inte riktigt samma förutsättningar som åkerierna i södra Sverige. Generellt sett transporteras virket i norr från inland till kust (Näslund & Östlund, 1995), detta blir något begränsande för möjligheten att hitta effektiva returerna. I södra Sverige är industrierna mer utspridda och inte lika koncentrerade till kusterna (Andersson & Frisk, 2010). Det innebär att det borde finnas bättre möjligheter till att hitta lämpliga effektiva returerna.

Att använda Excel som grund för modellering av verktyget fungerade bra. Det är ett verktyg som är lätt att använda och finns mycket information om på internet. I kombination med ”add-in” programmet känns Excel som ett kraftfullt program som lämpar sig bra till att lösa liknande uppgifter. Alternativet är att använda sig av någon form av GIS-baserat verktyg. Nackdelen med det är det oftast krävs en användarlicens och en viss vana av att arbeta i GIS. Excel är ett program som många har tillgång till vilket medför att det är många som är bekväma med att använda det.

Arbetsgången vid modelleringen har varierat beroende på vilken svårighetsgrad de olika momenten hade. De enklare momenten, såsom hur att bygga in tabeller grafer, gick relativt fort att lösa och kunde därför fort implementeras i modellen. De svårare momenten, t.ex. avståndsfunktionen har fått testas ett antal gånger och kompletteras

med faktasökning innan de har kunnat implementeras i modellen. Överlag har det varit en strukturerad arbetsgång som har fungerat på ett tillfredsställande sätt.

Strukturen på verktyget planerades innan arbetet började. Denna har sedan reviderats ett antal gånger under arbetets gång för att göra den så lättanvänd som möjligt och innehålla så få manuella steg som möjligt (inom ramen för detta arbete). Den största förändringen som skedde under arbetets gång var att frångå den ursprungliga principen med att först ta fram alla kombinationer av avstånd mellan noderna. Att frångå den principen innebar att verktyget blev mer lättanvänt samtidigt som det inte krävde lika stor datakapacitet. Dessa kombinationer växte exponentiellt vilket gav en begränsning i verktyget till ett trettiotal noder. Som verktyget fungerar nu tar den endast fram avstånd mellan de noder som anges i ruttplaneringen. Den övergripande strukturen liknar Lindströms (2010) processkarta om än att processerna har annorlunda namn.

4.2 Verktyget

Verktyget fungerar och går att använda för ruttplanering förutsatt att indata har rätt format och verktyget har internetuppkoppling. Den förenklar ruttplaneringen i och med att chauffören enkelt får en överblick över hela leveranssituationen, speciellt om han/hon har liten lokalkännedom i området. Med hjälp av verktyget kan man testa olika rutförslag, dvs prova sig fram. Det kan vara relativt lätt att uppskatta och räkna ungefär hur lång tid en rutt tar men att uppskatta flera rutter efter varandra och sedan räkna ut hur många turer som man hinner med på ett skift är mer komplicerat. Enligt de intervjuade chaufförerna anser de själva att de är duktiga på att göra den här skattningen. Deras förmåga att skatta detta har dock inte studerats och därför är det omöjligt att kvantifiera hur stor möjlighet beslutsstödet ger åkarna att förbättra sin ruttplanering. Verktyget kommer förmodligen aldrig att kunna göra skattningar med hundraprocentig precision, men om det kan leverera en skattning med precision över 90 % så blir det ett bra stöd där chauffören sen kan lägga till extra tid om något oförutsett inträffar. Jag har inte i litteraturen eller via företags hemsidor kunnat finna liknande verktyg med liknande funktionalitet för rundvirkestransporter. En del större företag, t.ex. Sveaskog, SCA och SÖDRA, har verktyg, t.ex. PROLOG, GATA och KOLA, för att transportledare ska kunna kommunicera med chaufförer. Men det finns inte något befintligt kommersiellt verktyg där chaufförerna själva kan lägga upp rutter.

4.3 Verktygets funktioner

Verktyget delades in i fem olika funktioner. Detta för att det skulle vara så lättanvänt som möjligt. Funktionen Rutter tillsammans med Visualiserad karta är förmodligen de funktionerna som förenklar mest. Indelningen i funktioner är ett bra sätt för att så strukturerat som möjligt kunna hantera större datamängder. Funktionen Leveplansplan är den funktionen som är minst sammankopplad med resten av modellen. Jag anser att funktionen är översiktlig och lättanvänd men tyvärr kräver den att data skrivs in och uppdateras manuellt. Om funktionen byggdes om med någon typ av automatisk uppdatering från industrierna skulle den förmodligen bli mer användbar.

4.4 Vilka styrkor och svagheter finns i verktyget?

Den största styrkan med verktyget är att det är lättanvänt, och de flesta borde kunna använda det efter ca två timmars introduktion. Den körs i Excel vilket är ett program som många inom skogsbranschen har erfarenhet av att använda. En annan styrka är att det går att applicera i hela Sverige och antalet noder som den kan hantera är i princip obegränsat. Till skillnad från RuttOpt är verktyget lättanvänt. RuttOpt är ett kraftfullt optimeringsverktyg men det kräver kunskap inom programmering och en körning tar lång tid att utföra och är därför inte lämpligt för operativt arbete i praktiken

Eftersom verktyget är kopplat till Google Maps finns det en svaghet i och med att alla skogsbilvägar inte finns med i Googles databas. Verktyget hanterar detta genom att den räknar avståndet från den närmsta vägen. Detta medför att ibland kan det beräknade avståndet och tidsåtgången skilja sig från verkligheten. För att avståndsberäkningen ska fungera krävs uppkoppling mot internet, vilket kan bli ett problem i skogen. Vad som händer med kopplingen mellan Google Maps och Excel när Google uppdaterar sitt API eller Excel kommer med en programuppdatering är svårt att säga men förmodligen behöver även kopplingen uppdateras i ett sådant scenario. Till skillnad från ruttplaneringsverktyget är RuttOpt kopplad till den nationella vägdatabasen vilket gör att det får väldigt exakta avståndsangivelser.

En annan svaghet i verktyget är hur funktionerna i Excel hanterar svenska bokstäver. Svenska bokstäver kan leda till felkopplingar i funktionerna. Detta undviks genom att alla namn skrivs utan Å, Ä och Ö, vilket annars skulle kunna leda till missförstånd.

4.5 Vilka förbättringsmöjligheter finns?

Den största förbättringsmöjligheten är att koppla den mot Krönt Vägval (KV) istället för Google Maps. Google Maps är anpassat för biltrafik och tar inte hänsyn till att lastbilar inte kan köra lika fort som personbilar. Google Maps tar inte heller hänsyn till hinder som inte lastbilar klarar av, såna hinder kan vara broar, viadukter eller vägar med låg bärighetsklass. KV är en tjänst från SDC som används för att räkna ut den bäst lämpade vägen för rundvirkestransporter. KV är utvecklat för att hitta bästa vägen för att transportera rundvirke från avlägg till industri. Eftersom KV är kopplat till den skogliga nationella vägdatabasen så finns alla skogsbilvägar inlagda (Lidén et al., 2009).

Jag tror även att om funktionerna byggdes in i ett program eller en applikation skulle det bli ännu enklare att använda. Om det skulle byggas som en applikation skulle det öka användningsmöjligheten avsevärt.

Kontinuerlig uppdatering av leveranskvoter och efterfrågade material skulle även göra verktyget mer användarvänligt. Jag tror att för många manuella steg gör att det blir för komplicerat att använda.

Automatisk inläsning av data från Statens Data Central (SDC) skulle även göra verktyget mer användarvänligt. SDC har standardiserade virkesordrar vilket gör att dessa borde gå att läsa in automatiskt (SDC, 2017). En automatisk inläsning från SDC skulle göra datainsamlingsprocessen mycket enklare och även ge möjlighet till automatisk uppdatering av aktuella avlägg i realtid. Detta förbättrar användarvänligheten i verktyget avsevärt.

En varningsfunktion skulle även kunna byggas in för att varna om ett framräknat avstånd av verktyget blir större än det matematiska avståndet mellan koordinaterna gånger en faktor, exempelvis 1,5. En sådan faktor motsvarar det största rimliga slingertillägget. Detta medför att körningar där modellen har gjort rena felberäkningar kan elimineras.

4.6 Validering

Valideringen visade att med verktyget ökade andelen lastad körning i snitt med 6,1 % jämfört med åkeriernas verkliga körning. Under valideringen togs ingen hänsyn till öppettider vid mottagningsplatser eller industrins aktuella leveranskvoter. Vid beaktning av dessa faktorer skulle det förmodligen bli en mindre skillnad i andelen lastad körning. Den stora skillnaden mellan rutterna som planerades med verktyget

jämfört med de verkliga rutternas var hur returkörningen planerades. Det verkar inte som att förarna lägger speciellt stor vikt vid att försöka hitta bra returvägar. Vad detta beror på kan vidare undersökas, men helt klart är att det i praktiken finns en större möjlighet att använda sig av returkörning.

Kopplingen mellan namnen på noderna och koordinaterna kan vid enstaka tillfällen bli fel. Koordinatsfältet uppger då "N/A". För att komma runt detta problem går det att skriva in koordinaten manuellt istället.

Avstånden som Google Maps genererar har jämförts mot andra vägdata-baser och skiljer upp till 2 kilometer på en sträcka av 171 km vilket motsvarar ungefär 1 %. Dessa fel kan förmodligen kopplas till vilka vägval som görs när det finns flera alternativ. Hur Google Maps hanterar avlägg som inte ligger vid någon väg i databasen kan även påverka resultatet. Om detta sker så räknar Google Maps sträckan från närmsta kända väg. De skulle potentiellt kunna bli ett stort fel om det finns ett hinder mellan avlägget och vägen och avlägget istället behöver kopplas till en väg i en annan riktning.

4.7 Praktisk implementering av verktyget

För att verktyget skall kunna implementeras i branschen tror jag att det krävs en del vidareutveckling. De utvecklingspunkter som har diskuterats ovan är förmodligen nödvändiga för att verktyget ska kunna användas i praktiken. Verktyget skulle förmodligen ge chaufförerna en större möjlighet att lägga upp körningen på ett sätt som både sparar bränsle, tid och miljö. Enligt Saxton (2015b) har några få procent mindre tomkörning stor effekt på bränsleekonomin och miljön. Eftersom transportkostnader står för ungefär 30 % av råvarukostnaden för skogsindustrin (Walter & Carlsson, 1998) så skulle en bättre ruttplanering kunna ge den svenska skogsindustrin högre konkurrenskraft på den internationella marknaden genom en billigare råvara.

4.8 Slutsats

Det utvecklade beslutsstödet gör ruttplaneringen sannolikt enklare att genomföra i jämförelse med att manuellt utföra planeringen. Verktyget ger en bra översikt över hur leveranssituationen ser ut och hjälper chauffören att göra en bättre ruttplanering, speciellt om chauffören kör i ett område där han/hon har låg lokalkännedom. Hur mycket enklare den gör arbetet har dock inte kvantifierats och sannolikt varierar effekten mellan olika chaufförer beroende på hur deras leveranssituation ser ut.

4.9 Vidareutveckling

Jag bedömer att beslutsstödet har utvecklingspotential. Det viktigaste utvecklingssteget är att säkerställa hög användarvänlighet, dvs att det går snabbt att lära sig och förstå vilka funktioner som finns och hur de ska användas. Plattformen bör vara någon typ av applikation som kan användas med en smarttelefon eller surfplatta. För att det ska bli accepterat av branschen tror jag att det krävs att användarna fortsätter potential i verktyget för att spara tid, bränsle och miljö.

Referenser

Vetenskaplig artikel

Andersson, G., Flisberg, P., Lidén, B. & Rönnqvist, M. (2007). RuttOpt – A decision support system. *Canadian Journal of Forest Research* 38, pp. 1784-1796.

Palander, T., Väätäinen, J., Laukkanen, S. & Malinen, J. (2013). Modeling Backhauling on Finnish Energy-Wood Network Using Minimizing of Empty Routes. *International Journal of Forest Engineering*, Volym 15:2, pp. 79-84.

Bok

Fjeld, D. & Dahlin, B. (2005). *Nordic logistics handbook-forest operations in wood supply*. Sveriges Lantbruksuniversitet. Umeå, Sweden.

Rapport

Andersson, G. & Frisk, M. (2010). *Skogsbrukets transporter 2010. Arbetsrapport nr 791*. Skogforsk Uppsala, Sweden

Ekengren, J. & Sjans, M. (2005). *Ruttoptimering för sophämtningsverksamhet - anpassning av systemarkitektur till ett ruttplaneringssystem. Nr D02/2005*. Högskolan Dalarna. Falun, Sweden.

Ekstrand, M. & Skarin, S.-G. (2005). *Processkartläggning av transportledning och transporter. Arbetsrapport nr 596*. Skogforsk. Uppsala, Sweden.

Eriksson, T. & Joshi, S. (2014). *Skogsstatistisk årsbok-avverkning och virkesmätning*. Skogsstyrelsen. Jönköping, Sweden.

Frisk, M. (2003). Åkarweb - ett effektivt hjälpmedel för transportplanering via Internet, Sveriges Lantbruksuniversitet. Studentuppsatser nr 63. Umeå, Sverige.

Hellqvist, C. & Iljic, C. (2016). Ruttplanering för internposten. 16/061 SE. Institutionen för teknik och naturvetenskap. Linköpings universitet. Linköping, Sweden.

Joshi, S. (2016). Bruttoavverkning 2015. JO0312 SM 1601. Skogsstyrelsen. Jönköping, Sweden.

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, Finland.

Lidén, B., Flisberg, P. & Rönnqvist, M. (2009). Krönt Vägval hittar smartaste vägen. Resultat från Skogforsk. No. 6 2009. Skogforsk. Uppsala, Sweden.

Lindström, J. (2010). Kartläggning av ruttplaneringsprocesser för rundvirkestransportörer. Arbetsrapport nr 285. Sveriges Lantbruksuniversitet. Umeå, Sweden.

Näslund, B.-Å. & Östlund, L. (1995). Sågverksindustrins utveckling i Norrland. Inst. för vegetationsekologi; Inst. för skogsskötsel Sveriges Lantbruksuniversitet. Umeå, Sweden.

Roscher, M. (2001). An empirical analysis of the spatial effects on MDS on round wood transport. Opublicerat manus till examensarbete i ämnet skogsteknologi. Sveriges Lantbruksuniversitet. Umeå, Sweden.

Saxton, B. (2015a). Skogens transporter - en trafikslagsövergripande kartläggning. Trafikanalys. PM 2015:16. Stockholm, Sweden.

Saxton, B. (2015b). Lastbilars climateffektivitet och utsläpp. Rapport 2015:12. Trafikanalys. Stockholm, Sweden.

Svarén, M. (2013). Undersökning av Södratransportörernas användande av KOLA-systemet. 2013:09. Skogsmästaraskolan Sveriges Lantbruksuniversitet. Skinnskatteberg, Sweden.

Tran, T. (2014). Skogsstatistisk årsbok-virkestransporter. Skogsstyrelsen. Jönköping, Sweden.

Walter, F. & Carlsson, D. (1998). Samordning och decentralisering – nytt besluts-system visar vägen. Resultat nr 24. Skogforsk. Uppsala, Sweden.

Wilhelmsson, L. & Arlinger, J. (1997). Hur mycket är det värt att mäta diametern "rätt" i skördaren? -Några ekonomiska reflexioner och försök till värdering. Arbets-rapport nr 366. Skogforsk. Uppsala, Sweden.

Webtext

Descartes. (2016). Descartes Route Planner™ - Route Optimization Software <https://www.descartes.com/documents/descartes-route-planner> [Hämtad 20161020].

Lantmäteriet. (2017). WGS84. <http://www.lantmateriet.se/Kartor-och-geografisk-information/GPS-och-geodetisk-matning/Referenssystem/Tredimensionella-sy-stem/WGS-84/> [Hämtad 20170127].

Microsoft office support. (2016). Power View: Utforska, visualisera och presentera data. <https://support.office.com/sv-se/article/Power-View-Utforska-visualisera-och-presentera-data-98268d31-97e2-42aa-a52b-a68cf460472e> [Hämtad 20161007].

Statens datacentral. (2017). Virkesorder. http://www.sdc.se/admin/pdf/virkesor-der_webb.pdf [Hämtad 20170207].

Transportstyrelsen. (2015). Ändrade bruttoviktstabeller och krav för 64 ton tunga fordonskombinationer. <https://www.transportstyrelsen.se/sv/Nyhetsarkiv/andrade-bruttoviktstabeller-och-krav-for-64-ton-tunga-fordonskombinationer/> [Hämtad 20161209].

Bilaga

Lindströms (2010) processkarta över ruttplanering.

