



Virkesflöde och val av hjulsystem på virkesfordon inom Region Iggesund, Holmen Skog

*Wood flow and choice of wheel systems on timber trucks at
Region Iggesund, Holmen Skog*

Carl Rådström

Arbetsrapport 428 2014
Examensarbete 30hp A2E
Jägmästarprogrammet

Handledare:
Dag Fjeld

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för skoglig resurshushållning
901 83 UMEÅ
www.slu.se/srh
Tfn: 090-786 81 00



ISSN 1401-1204
ISRN SLU-SRG-AR-428-SE

Virkesflöde och val av hjulsystem på virkesfordon inom Region Iggesund, Holmen Skog

Wood flow and choice of wheel systems on timber trucks at Region Iggesund, Holmen Skog

Carl Rådström

Nyckelord: virkesflöde, vägstandard, tillgänglighet, transportavstånd, transportteknik, transportkostnad.

Master thesis in Forest Management at the dept of Forest Resource Management, 30 credits
EX0707, A2E, Jägmästarprogrammet
Handledare: Dag Fjeld, SLU, Inst för skogens biomaterial och teknologi
Examinator: Ola Lindroos Inst för skogens biomaterial och teknologi
Extern handledare: Jonas Byström, Holmen Skog.

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för skoglig resurshushållning
Utgivningsort: Umeå
Utgivningsår: 2014

ISSN 1401-1204
ISRN SLU-SRG-AR-428-SE

Förord

Detta examensarbete motsvarar 30 hp i ämnet skogshushållning och har genomförts vid institutionen för Skoglig resurshushållning, Sveriges Lantbruksuniversitet i Umeå. Examensarbetet har gjorts på uppdrag av Holmen Skog. Jag vill rikta ett stort tack till min handledare Dag Fjeld för alla värdefulla råd och insikter som han bidragit med under arbetets gång. Vidare vill jag tacka min kontaktperson Jonas Byström på Holmen Skog för viktigt, initialt stöd i diskussionen om arbetets praktiska inriktning. Jag vill även framföra ett stort tack till Martina Persson och Staffan Nilsson på Holmen Skog, som alltid varit snabba med att svara på frågor och leverera de indata som behövts. Slutligen vill jag rikta ett särskilt tack till Claes Löfroth, Skogforsk, som villigt delat med sig av sina breda kunskaper inom transportteknikområdet.

Åmål, november 2014
Carl Rådström

Sammanfattning

Syftet med detta arbete har varit att undersöka hur virkesflödet från Region Iggesund varierar under året och belysa orsakerna till detta samt att beräkna transportkostnader och analysera vilka distrikt som skulle kunna ha störst nytta av virkesfordon med Central Tyre Inflation (CTI) eller Super Singel hjul, alternativt hjulsystem som kombinerar de båda teknikerna. Utgångspunkten har varit rationell virkesförsörjning från skog till industri, med så låga virkeslager och transportkostnader som möjligt.

Region Iggesund anskaffade 1,9 miljoner fastkubikmeter (m^3 fub) virke 2011, varav 45 % kom från egen skog och 55 % kom från lokala köp. Huvuddelen levererades till Iggesunds Bruk, Iggesunds Såg och Hallsta Pappersbruk. Regionen är uppdelat i sex distrikt, med Uppland i söder, Sveg i nordväst och Hudiksvall i öster. Däremellan ligger Bollnäs, Delsbo och Ljusdal. Studien avser 2010 och 2011, men omfattar inte Bollnäs distrikt eftersom detta var nybildat och nödvändiga uppgiftsunderlag saknades.

Den inmätta volymen från egen skog respektive lokala köp är varandras spegelbilder med lägst leverans från egen skog under de bästa drivningssäsongerna och vice versa. Orsaken är främst att man vill undvika skador på skogsmark och vägar hos privata skogsägare, vilket skulle kunna inverka negativt på köpverksamheten. Vägslaget är högst i februari, ca 7,5 % av årsvolymen, och lägst i oktober, ca 2,5 %. Distriktens medeltransportavstånd till industri varierar från 38 km till 192 km.

Variationen under året när det gäller skotade och inmätta volymer har beskrivits med hjälp av variationskoefficienten. Denna var i genomsnitt 17 % respektive 12 %, men varierade mellan distrikt. Variationen i inmätt volym från distrikten minskade med ökad andel av årsvolymen. Däremot kunde inte något samband med vägstandard påvisas. Förklaringen är troligen att verksamheten i hög grad anpassats till den rådande vägsituationen. Sambandet mellan inmätt och skotad volym var starkare vid kortare transportavstånd och vice versa, vilket torde kunna förklaras av distriktens taktiska roll i virkesförsörjningen.

För ett konventionellt 60 tons fordon som utrustats med CTI ökade transportkostnaden med i genomsnitt 1,5 % eller 1 kr/ m^3 fub. Super Singel hjul innebar däremot en kostnadsänkning med i genomsnitt 1,3 % eller 1,2 kr/ m^3 fub. Effekten på transportkostnaden är med andra ord begränsad. Mot detta skall ställas effekter på virkesflöde och vägar. Fördelen med CTI är främst ökad framkomlighet, minskad spårbildning och minskat vägslitage. Därför är nyttan av CTI störst på vägar som har låg tillgänglighet under tjällossningen och/eller är svaga under regniga perioder. Korta transportavstånd, som innebär hög volym per fordon samt gruppkörning, som kan innebära risk för utmattning av vägen under känsliga perioder, är också förutsättningar som talar för CTI. Fördelen med Super Singel hjul är att det sänker bränsleförbrukningen och därmed transportkostnaden. Analyserna visade att Delsbo och Hudiksvall är av störst intresse för CTI medan Uppland är intressant för Super Singel hjul. CTI är också ett bra alternativ för Ljusdal. Sveg har långa transportavståndet och relativt låg vägstandard, därför är bedömningen att Super Singel hjul skulle kunna kombineras med CTI. Detta är dock ett i praktiken obeprövat hjulsystem i Sverige. Vid införande av 74 tons bruttovikt, som nu är aktuellt, så kommer transportkostnaden att kunna sänkas. Den relativa förändringen av transportkostnaden vid införande av CTI och Super Singel hjul förblir dock oförändrad. Detta innebär att tröskeln för införande av dessa tekniker sänks.

Variationen i virkesflödet under året, beroende på skillnader i vägstandard och övriga förutsättningar för virkesförsörjningen inom Region Iggesund, visar att det finns en potential att differentiera fordonen och bättre anpassa dessa till uppgiften. En ökad specialisering kan dock kräva mer planering och intensivare transportledning. Detta kan förväntas sätta ökat fokus på utvecklingen av hela transportsystemet, d.v.s. vägar och fordon, vilket i sig är positivt.

Mot bakgrund av detta föreslås en bredare implementering av CTI och även test av Super Singel hjul där förutsättningar finns. En nyckelförutsättning är då troligen ökat samarbete med åkeriföretagen och mer innovationsdrivande upphandling av transporttjänster.

Nyckelord: virkesflöde, vägstandard, tillgänglighet, transportavstånd, transportteknik, transportkostnad.

Summary

The aim of this work was to investigate how the timber flows from Region Iggesund vary during the year, highlighting the reasons for this, and to calculate transportation costs and analyze which districts could benefit most from timber vehicles with Central Tyre Inflation (CTI) or Super Single wheel, or wheel system that combines the two techniques. The starting point has been streamlined wood supply from forest to industry, with as low wood storage and transportation costs as possible.

Region Iggesund procured 1.9 million cubic meters of solid wood under bark (m^3_{sub}) in 2011, of which came 45 % from own forests and 55 % came from local purchases. The majority was delivered to Iggesund Paper Mill, Iggesund Saw Mill and Hallsta Paper Mill. The region is divided into six districts, with Uppland in the south, Sveg in the northwest and Hudiksvall in the east. In between lies Bollnäs, Delsbo and Ljusdal. The study refers to 2010 and 2011, but does not include the Bollnäs district because it was newly formed and necessary supporting data was lacking.

The measured volume from own forests and local purchases are mirror images with the lowest delivery from own forests under the best logging seasons and vice versa. This is mainly motivated by the need to avoid damage to woodlands and roads of private forest owners, which otherwise could have a negative effect on local timber purchases. The storage of wood at road side had its maximum in February, about 7.5 % of the annual volume, and its lowest level in October, about 2.5 %. The average transport distance from district to the industry varied from 38 km to 192 km.

The variation during the year for terrain transported and measured volumes at mill have been described using the coefficient of variation. This was on average 17 % and 12 % respectively, but varied between districts. The variation in the measured volume from the districts decreased with increasing proportion of the total annual volume from Region Iggesund. However, no relationship with the standard of roads was found. The explanation for this is probably that the harvest planning, to a large extent, has adapted to the existing road situation. The correlation between the measured volume at mill and the terrain transported volume is stronger at shorter transport distances and vice versa, which probably could be explained by the tactical role of different districts in wood supply.

For a conventional 60-tonne vehicle equipped with CTI the transportation cost increased by on average 1.5 % or 1 SEK per m^3_{sub} . Super Single wheel, on the contrary, gives a reduction in transportation costs by on average 1.3 % or 1.2 SEK per m^3_{sub} . The effect on transportation cost was in other words limited. Against this must be set effects on timber flow and roads. The advantage of CTI is mainly increased accessibility, reduced rutting and reduced road wear. Therefore, the benefits of CTI are greatest on roads that have low availability during the spring thaw and/or weakness during rainy periods. High annual volume per vehicle, thanks to short transportation distance and group riding, which may pose a risk of fatigue of the roads during sensitive periods, are also conditions that speaks for CTI. The advantage of Super Single wheel is that it reduces fuel consumption and hence transportation costs. The analyze show that Delsbo and Hudiksvall are of most interest for CTI, while Uppland is interesting for Super Single wheel. CTI is also a good option for Ljusdal. Sveg has long transportation distances and relatively low road standard, therefore, the assessment is that Super Single wheels could be combined with CTI. However, this wheel system has not been tested in Sweden. When introducing 74 tons

gross vehicle weight, which is now imminent, the transportation cost will be reduced. However the relative change of the transportation cost when introducing CTI and Super Single wheel will remain unchanged. This means that the threshold for the introduction of these technologies is lowered.

The variation in the timber flow during the year, due to differences in road standard and other requirements for wood supply at Region Iggesund, shows that there is a potential to differentiate vehicles and better adapt them to the task in timber supply. Increased specialization may require more planning and more intensive transport management. This can be expected to put increased focus on the development of the whole transportation system, i.e. roads and vehicles, which in itself is positive.

In light of this, the suggestion is a broader implementation of CTI and also testing of Super Single wheels where favorable conditions exist. A key prerequisite is then probably closer cooperation with haulage companies and more innovation-driven procurement of transportation services.

Keywords: wood flow, road standard, road availability, transport distance, transport technology, transportation cost.

Innehåll

Inledning.....	1
Tidigare studier inom området	2
Sammanfattning av tidigare studier	3
Uppdragsgivare.....	4
Syfte.....	5
Material och Metod	6
Indata och metod för delsyfte 1; Virkesflöde och transportförutsättningar.....	6
Indata och metod för delsyfte 2; Samband mellan variationen i virkesflödet och distriktens förutsättningar	7
Indata och metod för delsyfte 3; Hjulsystemets inverkan på transportkostnaden	8
TRANSAM – Förändring av transportkostnaden vid användning av CTI.....	8
TRANSAM – Förändring av transportkostnaden för Super Singel hjul	9
TRANSAM – Förändring av transportkostnaden för CTI i kombination med Super Singel hjul.....	9
Konsekvensberäkning.....	9
Resultat	11
Delsyfte 1, Virkesflöde och lokala förutsättningar.....	11
Delsyfte 2, Samband mellan variationen i virkesflödet och distriktens förutsättningar..	16
Delsyfte 3, Hjulsystemets inverkan på transportkostnaden.....	19
Diskussion	21
Allmänt	21
Dataunderlag och orsakssamband	21
Kommentarer till resultaten	22
Resultatens giltighet vid högre bruttovikt	24
Syntes – virkesflödets förutsättningar, variation och tänkbara transporttekniska åtgärder ..	25
Slutsatser och förslag.....	26
Referenser.....	27
Litteratur	27
Personliga kommentarer	27
Bilaga 1.....	28
Grundkalkyl, kranbil 60 ton. Hudiksvall, Delsbo och Ljusdal.....	28
Indata	28
Kalkylresultat. Hudiksvall, Delsbo och Ljusdal.....	29
Bilaga 2.....	30

Grundkalkyl, kranbil 60 ton. Uppland och Sveg.....	30
Indata	30
Kalkylresultat. Uppland och Sveg.....	31
Bilaga 3.....	32
Känslighetsanalys, CTI.....	32
Hudiksvall, Delsbo och Ljusdal	32
Känslighetsanalys, CTI forts.	33
Uppland och Sveg.....	33
Bilaga 4.....	34
Känslighetsanalys Super Singel hjul	34
Känslighetsanalys Super Singel hjul forts.	35
Uppland och Sveg.....	35
Bilaga 5.....	36
Känslighetsanalys Super Singel hjul med CTI.....	36
Hudiksvall, Delsbo och Ljusdal	36
Känslighetsanalys Super Singel hjul med CTI forts.....	37
Uppland och Sveg.....	37

Inledning

Virkestransporterna i Sverige går antingen direkt från skog till industri på lastbil eller till terminal för omlastning till järnväg. Därför är tillgängligheten på såväl skogsbilvägnätet som det allmänna vägnätet en viktig förutsättning för att skogsbruket skall kunna möta industrins efterfrågan på virke till konkurrenskraftiga priser. Försörjningsansvaret mot industrin förutsätter ett jämnt virkesflöde över året. Standarden på vägnätet gör dock att det inte går att köra på alla vägar året runt. Detta går i viss mån att parera med bättre planering, men ibland tvingas man ändå köra på svaga vägar för att komma åt volymerna, vilket resulterar i skador på vägnätet i form av t.ex. spårbildning. Studier har påvisat att spårbildningen minskar med Central Tyre Inflation (CTI) på virkesfordon vilket skulle kunna leda till lägre vägunderhållskostnader (Skutin 2012). Systemet bygger på att man enkelt kan reglera lufttrycket i hjulen från hytten och därmed öka kontaktytan och minska spårbildningen då man kör på sämre vägar (Hell 2011). Samtidigt har vissa områden en hög standard på vägnätet som kanske tillåter utnyttjande av Super Singel hjul på virkesfordon. Detta innebär bredare däck med större diameter samt enkelmontage istället för dagens konventionella däck och dubbelmontage. Super Singel hjul minskar bränsleförbrukningen genom att kontaktytan mot marken blir mindre.

Bärighetsbegränsningarna på vägnätet är i regel som störst vid tjällossningen på våren och under hösten vid kraftigt regn. Det vanligaste sättet att parera den varierade tillgängligheten är lager vid tjälsäker väg, terminal eller industri. Lager medför dock stora kostnader i form av extra hantering m.m. och kan vidare innebära kvalitetsförluster på virket. Detta är således ingen attraktiv lösning (Andersson & Westlund 2008).

På det privata skogsbilsvägnätet delas ansvaret för vägförvaltningen inom vägföreningar där incitamenten att rusta vägarna skiljer sig åt. Under varma och blöta år blir detta extra problematiskt för skogsindustrin då det ofta är bärigheten på vägen som avgör när en trakt kan avverkas. Detta är en av flera anledningar till varför det kan vara fördelaktigt för skogsindustriföretag att ha ett eget skogsinnehav. På den egna skogen kan företagen då i viss utsträckning förbättra vägstandarden, öka tillgängligheten, öka inkörningen från egen skog och därigenom utjämna virkesflödet under kritiska perioder. Det kan dock vara svårt att avgöra var en vägupprustning gör störst nytta långsiktigt och var insatserna bör sättas in. Dessutom har alla företag en begränsad vägbudget. Detta har drivit på utvecklingen av en rad olika beslutsstöd, t.ex. VägRust som utvecklats av Skogforsk. VägRust är en optimeringsmodell med vars hjälp man kan bestämma vilka vägar som bör rustas upp för att kunna försörja industrin med råvara året runt till så låg kostnad som möjligt. VägRust är dock inte färdigutvecklat och alltså ännu inte tillgängligt för praktisk tillämpning utan direkt handledning från Skogforsk (Carlsson & Rönnqvist 1999, Frisk, 2004, Frisk 2013, pers. komm.).

Skogsindustrins merkostnad till följd av bristande bärighet på det allmänna vägnätet beräknas uppgå till mellan 510 och 590 miljoner kronor per år avseende rundvirke. Den stigande avverkningsnivån, minskad import och ett varmare klimat talar för att kostnaden kan komma att öka ytterligare (Andersson & Westlund 2008). Därför är tillgängligheten på vägnätet en viktig fråga för skogsbruket att kraftsamla kring.

En annan viktig fråga är hur man genom nya lastbilscombinationer kan sänka kostnaderna för virkestransporter som stigit kraftigt under den senaste tioårsperioden bland annat på grund av höjda dieselpriser. Ett viktigt utvecklingsområde, där man arbetat länge inom

skogsbruket, är att minska fordonens taravikt genom att använda lättare material i påbyggnader och släpvagnar. Därigenom ökar lastkapaciteten och bränsleförbrukningen per transporterad enhet minskar. Användning av Super Singel hjul på släpet har också tagits upp som ett sätt att minska bränsleförbrukningen för transporterarna. I ETTdemo-projektet, som är fortsättningen på ETT-projektet (En Trave Till) (Löfroth & Svensson 2012), är syftet att demonstrera värdet av dels större och längre fordon med 90-ton bruttovikt, dels fordon som tar större travar och har en bruttovikt på 74-ton fördelad på fler axlar, men inom ramen för dagens måttbestämmelser och axel- och boggietryck. Båda fordonstyperna ger en minskning av bränsleförbrukningen per transporterad enhet (Löfroth 2013, pers. komm.).

Tidigare studier inom området

Renström (2008) studerade uthålligheten i ett bolagsdistrikts traktbank och observerade en kraftig förskjutning i fördelningen mellan de inmätta volymerna från egen skog och lokala köp. Under vintermånaderna kom merparten av virket från lokala köp medan det under tjällossning och blötare perioder kom från egen skog. Detta kan bl.a. förklaras med att man vill undvika risk för körskador i terräng och på väg hos privata markägare. Enligt Renström (2008) resulterade detta i ett växande planeringsproblem, där andelen vintertrakter på den egna skogen växte i traktbanken. Detta problem kan delvis kopplas till det växande intresset för CTI på virkesfordonet då det ofta är bärigheten på vägen som avgör när en trakt kan avverkas.

Enligt en studie, där ett antal transportledare intervjuades, konstaterades att den traditionella bilden av hur tjällossningsproblematiken hanteras har förändrats från att bygga upp stora lager vid tjälsäker väg, terminaler och industri till att i första hand flytta transportkapaciteten till områden där det för tillfället går att köra (Skutin 2012). Detta har minskat lagernivåerna och stilleståndstiderna för åkarna, vilket minskat skogsföretagens kostnader (Skutin 2012). Denna förändring har delvis flyttat fokus för CTI-intresset, som numera i första hand handlar om vilken besparingspotential införande av CTI-system skulle kunna innebära avseende löpande vägunderhåll och nybyggnation av vägnätet. I studien konstateras också att CTI på lastbilen kan underlätta virkesköp och jämna ut flödet från privata skogsägare under året vilket också är av stort intresse. I studien påpekas att det är andelen BK2 och BK3 väg, andelen finkornsrika marker, medeltransportavståndet och storleken på virkesflödet som är de viktigaste faktorerna vid geografisk lokalisering av CTI-system (Skutin 2012).

Kostnader och intäkter vid införande av CTI har också beräknats och analyserats i flera olika studier och geografiska områden (Åkerlund 2006). CTI utrustningen väger exempelvis 100–120 kg vilket minskar lastvikten. Det kostar vidare ca 200 000 kr att investera och montera ett system på fordonet. Vägslitaget kan dock halveras när CTI används. I arbetet konstaterades också att det fanns en teoretisk potential att minska årskostnaden för transporter med 0,5 % där man valde att köra med CTI. Vidare ökade den tekniska utnyttjandegraden med 1–2 % per år och timkostanden sjönk med 4–6 % i jämförelse med användning av ett standardfordon (Åkerlund 2006).

I en tidigare studie kartlades virkesflödet under tjällossningsperioden på Holmen Skogs tre regioner (Hell 2011). I studien kopplades koordinaterna för varje virkesorder till närmsta väg och tillgänglighetsklass i varje distrikt. Antagandet var att det är vägen vid avlägg som är den strukturellt sett svagaste länken under transporten in till industrin. De distrikt med

störst virkesflöde från avlägg längs klass 3 och 4 vägar utslaget över områdets storlek ($\text{m}^3 \text{fub}/\text{km}^2$) pekades ut som lämpliga områden för CTI (Hell 2011). Studien lyfte också fram svårigheterna och osäkerheten i val av material och metod för arbetet. I materialet saknades bl.a. tillgänglighetsklass för 33 % av virkesvolymen, 18 % på egen skog och 46 % på lokala köp. Enligt en tidigare studie som undersökte kvaliteten på vägdata i Skoglig Nationell Vägdatabas, SNVDB, för Holmen Skog inom ett specifikt område hade dessutom 50 % av vägarna tilldelats felaktig tillgänglighetsklass som används för att beskriva bärigheten (Stridsman 2006). Det finns alltså betydande svårigheter då man använder sig av vägdata för geografisk utplacering av CTI-fordon.

Intresset för Super Singel hjul på virkesfordon har också ökat efter att en rad studier har belyst de positiva effekter som detta hjulsystem kan ge (Röhfors 2011). Information från en studieresa i Skottland pekar bl.a. på att t.ex. Super Singel däckets Michelin X One MaxiTrailer i kombination med CTI-system ger mindre vägslitage, ökad livslängd på däcken samt potential för lägre bränsleförbrukning (VSG 2010). Intressant är också att Forestry Commission Scotland vill införa krav på Super Singel hjul i kombination med CTI för virkesfordon på statliga skogsvägar (VSG 2010).

Det har också konstaterats att valet av Super Singel hjul ger 3–4 % lägre bränsleförbrukning, ökad livslängd för däcken, något lägre investeringskostnad och i vissa fall högre lastvikt (Röhfors 2011). Kalkylerna visade att en åkare kan spara 0,9 kr/ton då medeltransportavståndet var 90 km, vilket innebär en potentiell besparing i storleksordningen 35 000–40 000 kr per år och fordon. Vidare belystes nackdelarna med den ökade spårbildning som Super Singel hjul kan ge, men som tillsammans med CTI kan reduceras kraftigt (Röhfors 2011). Tyngdpunkten för släpet blir också något högre med Super Singel hjul vilket vid transport av tyngre sortiment som talltimmer kan leda till att man inte kan lasta fullt utan att riskera vältning på grund av för hög tyngdpunkt.



Figur 1. Fotot till vänster visar det traditionella dubbelmontaget och ett Super Singel hjul (Foto Michelin). Fotot till höger visar hjul utrustade med CTI (Foto Granlund Lb-Teknik).

Figure 1. The photo to the left shows the traditional double-mounted tire and a Super Single tire (Photo Michelin). The photo to the right shows tires equipped with CTI (Photo Granlund Lb-Teknik).

Sammanfattning av tidigare studier

I nedanstående tabell redovisas översiktligt viktiga för- och nackdelar till underlag för beslut om investering i hjul- och hjulutrustning på fordon för skogstransporter.

Tabell 1. För- och nackdelar med CTI och Super Singel hjul på fordon för skogstransporter.
Table 1. Advantages and disadvantages with CTI and Super Single tires on vehicles for round wood transportation.

Utrustning	Fördelar	Nackdelar
CTI	Mindre vägunderhåll	100-120 kg extra vikt
	Bättre framkomlighet	Kostar ca 200 000 kr
Super Singel hjul	Bränsleförbrukning -3 %	Mer vägunderhåll
	Minskat hjulslitage	Högre tyngdpunkt

Nyttan med förändrade fordonskombinationer påvisas alltså i flertalet studier vilket fått positiva reaktioner från näringen. Problemet är dock att det varit svårt för skogsföretagen att, med utgångspunkt i hittills gjorda studier, identifiera inom vilka geografiska områden som CTI och Super Singel hjul lämpar sig bäst.

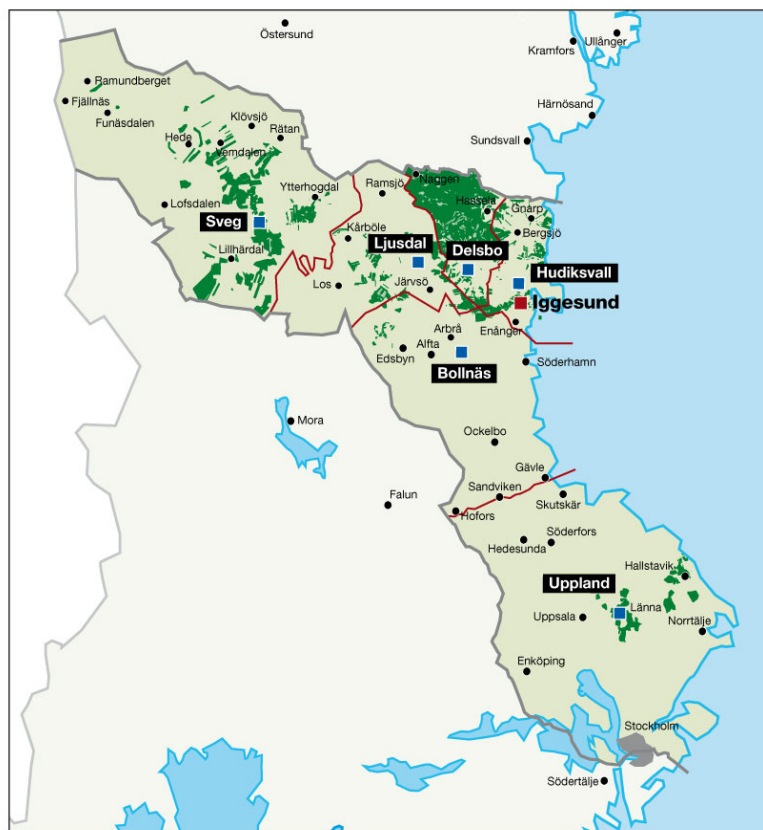
Uppdragsgivare

Holmen Skog ansvarar för Holmenkoncernens råvaruförsörjning till sina svenska industrier. Holmen Skog sköter även förvaltningen av Holmens skogsinnehav som uppgår till ca 1 miljon hektar produktiv skogsmark.

Holmen Skog är indelat i tre regioner: Örnköldsvik, Iggesund och Norrköping. Totalt avverkade Holmen Skog år 2011 ca 6 miljoner m³fub, varav ca 50 % från egen skog och 50 % från lokala köp. Region Iggesund stod för ca 1,9 miljoner m³fub, varav ca 45 % från egen skog och 55 % från lokala köp, som i huvudsak levererades till Iggesunds Bruk, Iggesunds Såg och Hallsta Pappersbruk. Region Iggesund är uppdelat i sex distrikt, vilka omfattar ca 275 000 hektar av Holmens egen skogsmark (Byström 2012, pers. kommentar.) Den avverkade volymens fördelning på distrikt år 2011 var Ljusdal 15 %, Sveg 15 %, Hudiksvall 20 %, Uppland 22 % och Delsbo 28 %.

Transportorganisationen i region Iggesund utgörs av 52 kontrakterade virkesfordon fördelade på 18 åkerier. Transporten sker huvudsakligen med kranbilar, men ca 30 % av volymen transporteras med gruppilar. Gruppiltransporten sker i huvudsak inom Delsbo, Ljusdal och Svegs distrikt.

Inom regionen har man inga terminaler utan virket transporteras direkt från skog till industri då en extra hanteringskostnad vid terminallagring uppskattas ligga på runt 30 kr/m³fub (Byström 2013, pers. komm.).



Figur 2. Holmen Skogs indelning av Region Iggesund i sex distrikt. Grön färg anger egen skog.
Figure 2. Holmen Skogs division of Region Iggesund into six districts. Green color shows own forest land.

Syfte

Syftet med det här arbetet har varit att undersöka hur virkesflödena inom Region Iggesund varierar under året samt om möjligt föreslå lämpliga tekniska åtgärder på virkesfordonen som kan förbättra distriktens virkestillgänglighet utan väsentlig negativ inverkan på transportkostnaden.

Delsyfte 1

Att ge en beskrivning över virkesflödet och förutsättningar som varje distrikt har.

Delsyfte 2

Att undersöka om det finns ett samband mellan variation i virkesflödet och förutsättningar för respektive distrikt.

Delsyfte 3

Att belysa vilka distrikt som bör välja fordon med CTI och Super Singel hjul samt hur transportkostnaden i så fall förändras.

Studien har avgränsats till Region Iggesund inom Holmen Skog. Regionen omfattar sex distrikt. Dessa är Sveg, Ljusdal, Hudiksvall, Delsbo, Bollnäs och Uppland. Studien avser två verksamhetsår, 2010 och 2011. I studien har Bollnäs utelämnats p.g.a. det är ett relativt

nytt distrikt som saknar historisk data från 2010 och 2011. När det gäller virkesflödena, så ingår rundvirke från egen skog och lokala köp.

Material och Metod

Arbetets förutsättningar har successivt preciserats och bestämts i diskussion med Holmen Skog. I ett första steg har behovet av indata bestämts, och en kartläggning utformats och genomförts. Samtliga uppgifter har insamlats och redovisats per distrikt och region. Kartläggningen har gjorts med hjälp av Holmen Skogs personal på Region Iggesund.

Indata och metod för delsyfte 1; Virkesflöde och transportförutsättningar

I den allmänna beskrivningen av regionens virkesflöde och förutsättningar användes data över inkörd volym uppdelat på egen skog och lokala köp för verksamhetsåren 2010 och 2011 (tabell 2). För studien användes även skotarrapportering med upplösning per månad och distrikt för verksamhetsåret 2011. Skotade volymer för 2010 fanns inte längre tillgängliga vid datainsamlingen. Uppgifter om det ingående väglaget 2011-01-01 per distrikt togs också fram, vilket med hjälp av inkörd och skotad volym möjliggjorde en framräkning av väglaget för varje månad och distrikt under 2011.

Medeltransportavståndet 2011 togs fram för respektive distrikt. Vidare togs även data fram över de löpande vägkostnaderna och för nybyggnation (kr/m³fub) varje distrikt hade uppdelat per ursprung och verksamhetsår. De löpande vägkostnaderna avser skotarväg och avlägg, drift vinter och sommar, upprustning och övrigt enligt Holmen Skogs redovisningsmall. För att ta fram fördelningen mellan olika vägklasser på skogsbilvägnätet inom varje distrikt användes VFS, som är Holmen Skogs vägförvaltningssystem där vägarna klassas från A-D. VFS innehåller uppgifter från SNVDB om vägarnas koordinater, längd och tillgänglighetsklass. Eftersom andelen A- och D-vägar utgör en mycket liten andel av distriktens vägnät, så har dessa utelämnats. Beskrivningen av vägnätet omfattar samtliga skogsbilvägar, d.v.s. egna vägar och vägar som ingår i vägsamfälligheter.

Tabell 2. Virkesvolym, transportavstånd, vägkostnader och vägklasser olika år.

Table 2. Wood volumes, transportation distances, road costs and road classes for different years.

Data	År	Källa	Upplösning
Inmätta volymer	2010, 2011	Viol	månad, distrikt
Skotarrapportering	2011	Viol	månad, distrikt
Ingående väglager	2011-01-01	Viol	månad, distrikt
Medeltransportavstånd	2011	Jonas Byström	år, distrikt
Väggkostnader	2010, 2011	Ekonomiavdelning	år, distrikt
Väggklassning	2011	VFS*	år, distrikt

*Vägförvaltningssystem

Tabell 3. Förklaring av tillgänglighetsklasserna i VFS.

Table 3. Explanation of the accessibility classes used in VFS.

Tillgänglighetsklass	Definition
A-väg (klass 1)	Tillgänglig hela året
B-väg (klass 2)	Ej tillgänglig under svår tjällossning
C-väg (klass 3)	Ej tillgänglig under tjällossning och regniga perioder
D-väg (klass 4)	Farbar i huvudsak vintertid

Analyserna gjordes huvudsakligen i Excel där materialet sorterades efter ursprung och sortiment i pivottabeller. De volymmuppgifter som berör grenar och toppar (Grot) och flissortiment har filtrerats bort.

För att på ett enkelt sätt åskådliggöra variationen i virkesflödet för respektive distrikt och år beräknades variationskoefficienten för transporterade volymer per månad under 2010 och 2011. Motsvarande beräkning gjordes också för skotade volymer 2011.

Variationskoefficienten är ett spridningsmått som ofta används inom sannolikhetsläran och vid olika statistikberäkningar. Variationskoefficienten är en normaliserad standardavvikelse och uttrycker standardavvikelsen i procent av medelvärdet. Formeln för variationskoefficienten är:

$$CV = 100 * \frac{s}{\bar{x}}$$

där

CV = Variationskoefficienten

s = standardavvikelsen för variabeln x

\bar{x} = medelvärdet för variabeln x

Fördelen med att använda variationskoefficienten är alltså att standardavvikelsen blir jämförbar i olika skalor (Fjeld, 2013, pers. komm.).

Indata och metod för delsyfte 2; Samband mellan variationen i virkesflödet och distriktens förutsättningar

Indata för delsyfte två (tabell 4) utgörs av resultatet i delsyfte ett. Variationskoefficienten användes som ett mått på de olika distriktens variation i virkesflödet. Ett jämnare virkesflöde ger en lägre variationskoefficient, medan ett ojämnt virkesflöde ger en högre koefficient. Variationskoefficientens värde kan bero på en rad olika faktorer som påverkar flödet över tiden. Några exempel som antogs kunna påverka variationen var storleken på virkesflödet, vägstandarderna, tjällossningsperiodens längd och omfattning, bärigheten i terrängen, andelen egen skog, hur mycket distriktet investerar i väg och planeringsrutinerna på distriktet. I arbetet undersöktes några tänkbara och mätbara samband genom att variationskoefficienten plottades mot olika förklarande variabler. Sambanden presenterades med hjälp av den beräknade determinationskoefficienten (r^2) som varierar från 0 till 1. Värdet på r^2 anger andelen av variationen i y som kan förklaras av variationen i x. Värdet nära noll anger således att sambandet är svagt och värdet nära 1 anger att sambandet är starkt.

Tabell 4. Underlag för analys av virkesflödets variation inom olika delar av Region Iggesund.**Table 4.** Factual basis for analyses of wood flow variations within Region Iggesund.

Data	År	Beräkning/underlag	Upplösning
Variationskoefficienten (CV)	2010, 2011	Excel	år, distrikt
Andel av årsvolymen	2010, 2011	Excel	år, distrikt
Andel B-väg	2011	VFS	år, distrikt
Medeltransportavstånd	2011	Powerpoint	år, distrikt
Andel egen skog	2010, 2011	Excel	år, distrikt
Korrelation mellan skotat och inmätt volym	2010, 2011	Excel	år, distrikt

Indata och metod för delsyfte 3; Hjulsystemets inverkan på transportkostnaden

I detta steg användes Skogforskens kalkylprogram TRANSAM, som är en Excel-applikation för fordonskalkylering. Med hjälp av programmet kan man göra olika typer av känslighetsanalyser genom ändring av t.ex. investeringskostnad, livslängd på hjul, bränsleförbrukning och årlig utnyttjandegrad (Löfroth 2013, pers. komm.). Syftet var att belysa hur transportkostnaden förändrades för olika val av fordonstekniska lösningar jämfört med om man använder ett vanligt, standardutrustat fordon med 60-tons bruttovikt och 42 tons nyttolast. Förutsättningar och antaganden för CTI och Super Singel hjul bestämdes i samråd med Skogforsk, Holmen Skog och utifrån tidigare redovisade studier inom området. Kalkylförutsättningar och -resultat från TRANSAM redovisas i bilaga 1, 2 och 3.

Tabell 5. Förutsättningar för känslighetsanalys av grundkalkylen med avseende på modifierat hjulsystem.**Table 5.** Assumptions for sensitivity analysis of the basic calculation with respect to modification of wheel system.

	CTI	Super Singel hjul	Super Singel hjul + CTI
Utnyttjandegrad	+0,5 %	-	-
Livslängd däck	+5 % alla däck	+20 % på släpets däck	+5 % alla däck +20 % på släpets däck
Lastkapacitet	-100 kg	-	-100 kg
Investeringskostnad	+200 000 kr	-	+200 000 kr
Bränsleförbrukning	-	-3 %	-3 %

Ovanstående förändringar av indata i grundkalkylen kan beskrivas som försiktiga. Det gäller t.ex. antagandet om den mycket marginella ökningen av utnyttjandegraden vid investering i CTI-utrustning på fordonet.

TRANSAM – Förändring av transportkostnaden vid användning av CTI

De fasta och rörliga kostnaderna i kalkylen för ett 60-tons fordon med dubbelmontage har fördelats på den volym som fordonet antagits transportera under systemets livslängd vid aktuella medeltransportavstånd. I TRANSAM beräknades sedan transportkostnaden för systemet uttryckt i kr/m³fub. Resultatet redovisas under fliken ”calculation results” (bilaga 2). Därefter lades förändringarna (tabell 5) in i fordonskalkylen under fliken ”sensitivity results”, för att avspegla de viktigaste positiva och negativa effekterna som ett CTI system kan förväntas ha på transportkostnaden. Resultatet visar transportkostnadens förändring vid införande av CTI uttryckt i kr/m³fub (bilaga 3).

TRANSAM – Förändring av transportkostnaden för Super Singel hjul

Motsvarande fordonskalkyl gjordes i TRANSAM för ett införande av Super Singel hjul på fordon inom utvalda distrikt. Super Singel hjul montage reducerar antalet hjul på släpet från 16 till 8. Ett införande av Super Singel hjul ger inte någon nämnvärd förändring av investeringskostnaden, eftersom ett Super Singel hjul kostar lika mycket som ett dubbelmontage. Förändringarna som Super Singel hjul förväntas resultera i lades in i fordonskalkylen i fliken ”sensitivity results” (bilaga 5). Resultatet visar förändringen i transportkostnaden vid ett införande av Super Singel hjul uttryckt i kr/m³fub (bilaga 4).

TRANSAM – Förändring av transportkostnaden för CTI i kombination med Super Singel hjul

I TRANSAM kalkylen lades olika för och nackdelar med CTI och Super Singel hjul samman (tabell 5). Eftersom CTI i kombination med Super Singel hjul inte kan förväntas resultera i högre utnyttjandegrad ströks dock detta antagande. Resultatet visar förändringen i transportkostnaden vid införande av CTI i kombination med Super Singel hjul uttryckt i kr/m³fub (bilaga 5).

Konsekvensberäkning

Resultatet av fordonskalkylerna som beskriver förändringen i transportkostnaden med respektive hjulsystem användes sedan i scenarier med antagandet att 30 % av distriktens volymer 2011 transporterats med CTI, Super Singel hjul respektive CTI kombinerat med Super Singel hjul. Kostnadsminskningen eller -ökningen uttryckt i kronor per m³fub och totalt redovisas per distrikt och uttrycker således den effekt som respektive system kan förväntas få på transportkostnaden inom respektive distrikt vid ovanstående antagande om implementering.

Besparingspotentialen för nybyggnation och löpande vägunderhåll förväntas också vara stor inom näringen, eftersom man på egen skog kan bygga s.k. CTI vägar till en lägre kostnad än vad som gäller för skogsbilvägar enligt dagens krav och riktlinjer. Dessutom kan slitaget på vägarna förväntas bli mindre vid användning av CTI (Skutin 2012). Denna besparingspotential beaktas inte i fordonskalkylen och har inte kvantifierats i detta arbete. Istället beräknades hur stor procentuell minskning av vägunderhållskostnaden som krävs för att motivera den ökade kostnaden för CTI system om minskat vägslitage skulle vara den enda ekonomiska fördelen med CTI. För Super Singel hjul beräknades vad kostnaden för vägunderhållet maximalt får öka med för att systemet ska kunna försvaras ekonomiskt, om ökat vägslitage skulle vara den enda ekonomiska nackdelen med Super Singel hjul. Samma sak gjordes för CTI kombinerat med Super Singel hjul. Kvoten mellan förändringen i transportkostnaden och den löpande kostnaden för vägunderhållet uttryckt i kronor per kubikmeter multiplicerades således med 100 enligt nedanstående formel:

$$C = 100 * \left(\frac{A}{B}\right)$$

där

C = Förändring av vägunderhållskostnaden uttryckt i procent

A = Förändringen av transportkostnaden uttryckt i kr/m³fub

B = Löpande vägstnader uttryckt i kr/m³fub.

Här har alltså antagits att 100 % av volymen inom ett distrikt transporteras med respektive hjulsystem, eftersom vägunderhållskostnaden per kubikmeter uttrycker ett genomsnitt för varje distrikt.

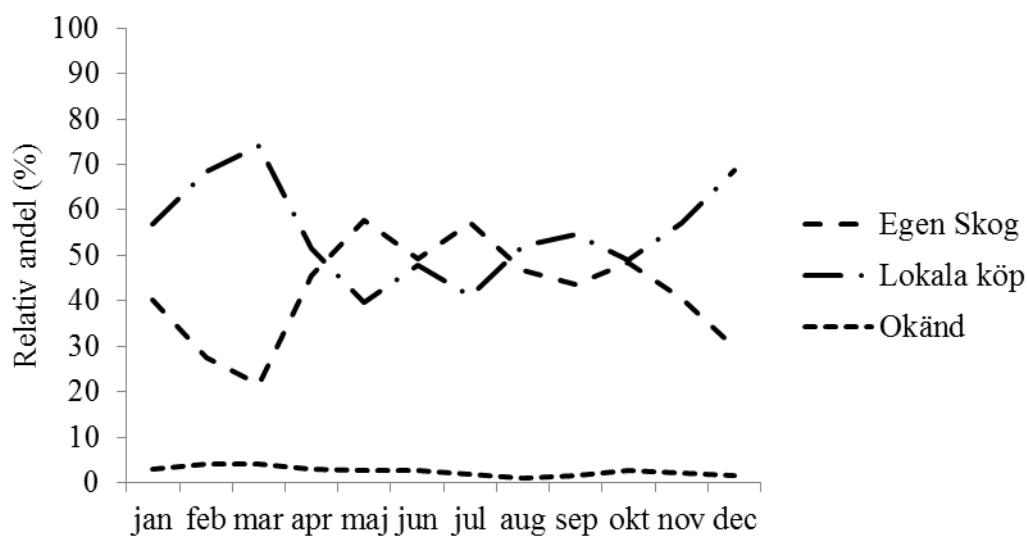
För att slutligen beskriva vilka distrikt som principiellt kan lämpa sig bäst för respektive teknik gjordes en klassisk så kallad 4-fältare, med medeltransportavstånd på x-axeln och vägstandard uttryckt som andelen B-väg på y-axeln. För medeltransportavståndet valdes skalan 0–200 km och för andel B-väg 0–50 %. Rutorna i matrisen kan därmed sägas beskriva fyra olika transportförutsättningar, nämligen:

1. Medeltransportavstånd och vägstandard lägre än genomsnittet (närmast origo).
2. Medeltransportavstånd lägre och vägstandard högre än genomsnittet (längst upp till vänster).
3. Medeltransport avstånd högre och vägstandard lägre än genomsnittet (längs ner till höger).
4. Medeltransportavstånd högre och vägstandard högre än genomsnittet (längst upp till höger).

Resultat

Delsyfte 1, Virkesflöde och lokala förutsättningar

På Region Iggesund minskade den inmätta volymen från egen skog under årets tre första månader och nådde ett minimum på ca 20 % av årsvolymen i mars, för att sedan stiga till en nivå på ca 50 % under perioden april till oktober. Därefter sjönk andelen virke från egen skog åter.

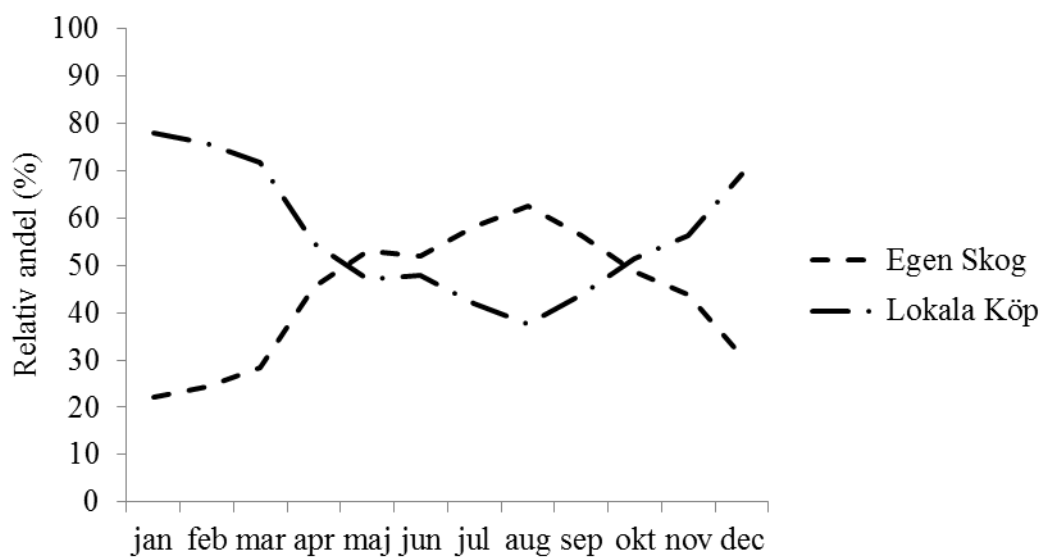


Figur 3. Den inmätta virkesvolymen fördelad på ursprung 2010.

Figure 3. Measured volumes at mill from different sources of wood supply 2010.

Kurvan som beskriver andelen inmätt volym från egen skog visar ett något annorlunda förlopp 2011 (figur 4) jämfört med 2010. Andelen från egen skog ökade successivt från en lägsta nivå på ca 20 % i januari till ca 50 % i maj för att sedan ligga på nivån 50–60 % fram till oktober. Därefter minskar andelen virke från egen skog till ca 30 % vid årets slut.

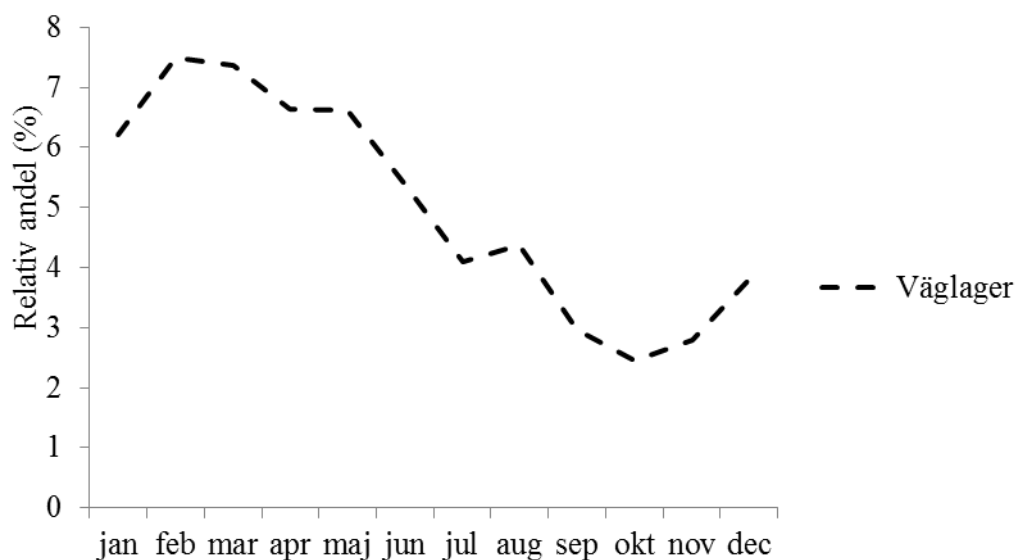
Bilden av andelen virke från egen skog respektive lokala köp för åren 2010 och 2011 överensstämmer alltså i stort.



Figur 4. Den inmätta virkesvolymen fördelad på ursprung 2011

Figure 4. Measured volumes at mill from different sources of wood supply 2011

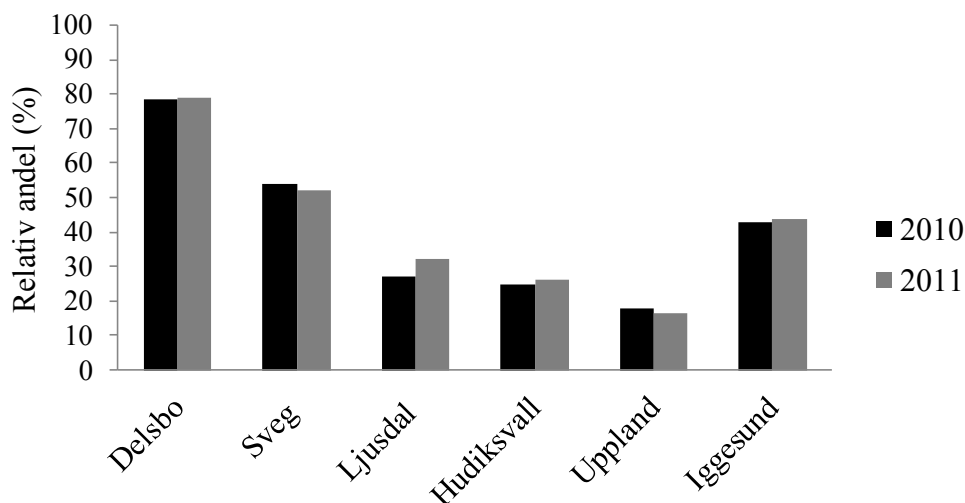
Figur 5 beskriver väglagrets utveckling uttryckt som procentuell andel av inkörd volym under året. Väglagret uttryckt som andel av årsvolymen ökade från ca 6 % i januari till ca 7,5 % i februari 2011 (figur 5). Därefter minskade väglagret successivt till en lägsta nivå på ca 2,5 % i oktober, vilket måste betraktas som extremt lågt. Därefter ökade väglagret åter, men nådde vid årets slut inte upp till nivån för ingående lager. Översatt till antal veckor innebär detta att väglagret motsvarat som högst ca fyra veckors produktion och som lägst drygt en veckas produktion.



Figur 5. Väglagrets utveckling under 2011.

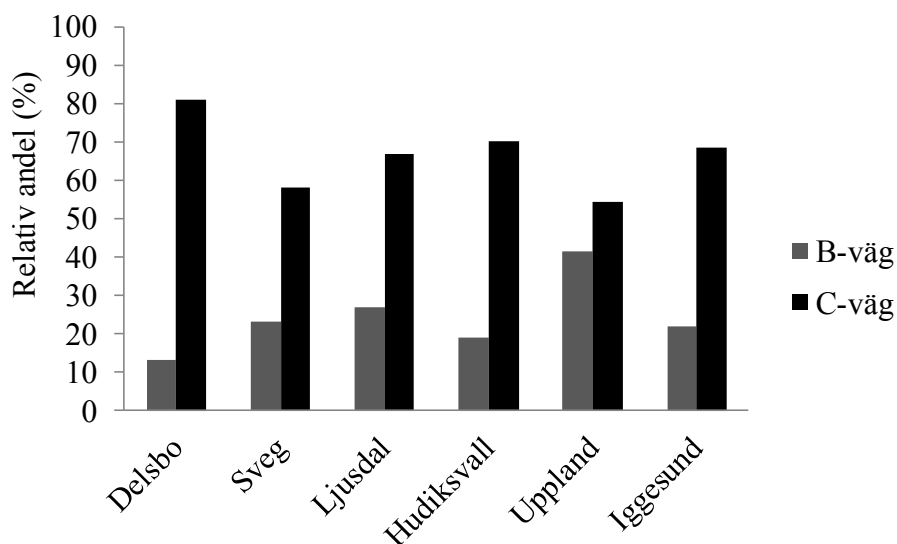
Figure 5. Development of the storage at road side 2011.

Andelen virkesanskaffning från egen skog är högst på distrikt Delsbo, ca 80 %, och lägst på distrikt Uppland, knappt 20 % (figur 6). Genomsnittet för Region Iggesund är ca 43,5 % från egen skog. Virkesanskaffningens fördelning på ursprung för de olika distrikten var stabil mellan åren 2010 och 2011.



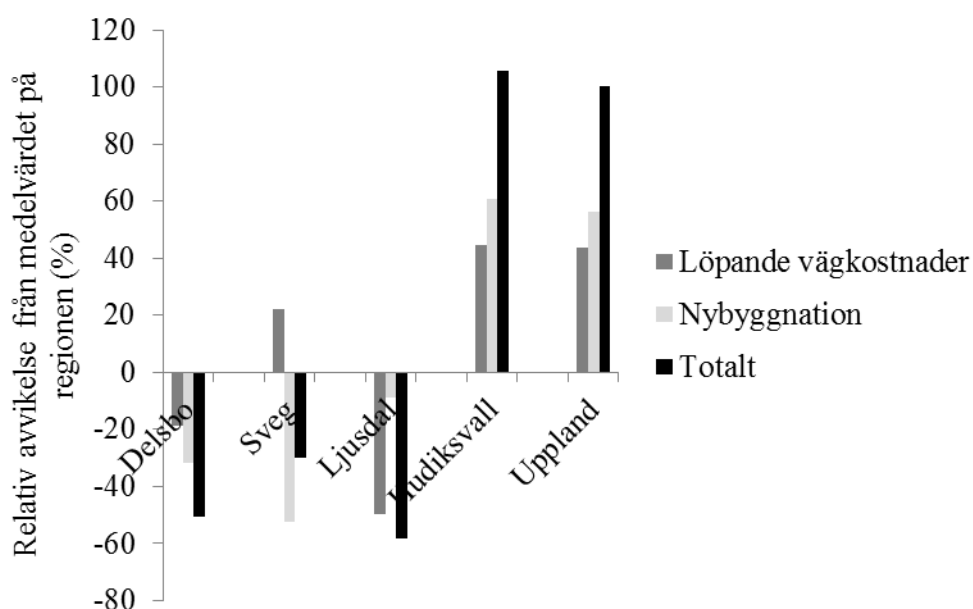
Figur 6. Andel av årsleveransen från egen skog för respektive distrikt 2010 och 2011
Figure 6. Deliveries at mill from the districts own forests in percentage of the annual volume in 2010 and 2011

Lägst vägstandard, d.v.s. högst andel C-vägar, har distrikt Delsbo med ca 81 % följt av distrikt Hudiksvall och Ljusdal med ca 70 respektive ca 67 % (figur 7). Sveg har något högre vägstandard. Högst vägstandard har distrikt Uppland med ca 41 % B-vägar. Genomsnittet för Region Iggesund är ca 68 % C-väg, ca 22 % B-väg och resten i vägklasserna A och D.



Figur 7. Andel B- och C-vägar av skogsbilvägnätet inom respektive distrikt enligt Holmen Skogs Vägförvaltningssystem, VFS.
Figure 7. B plus C roads in percentage of the forest road network in each district according to the road management system, VFS, of Holmen Skog.

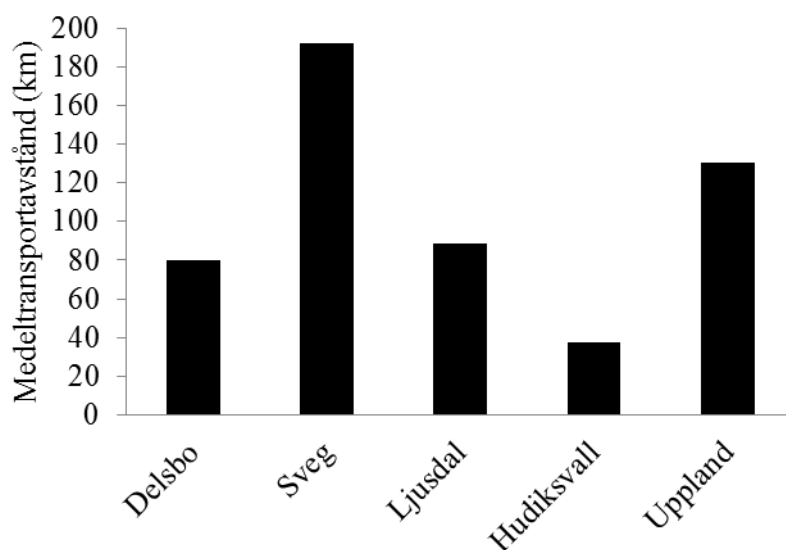
I figur 8 redovisas den procentuella avvikelserna av distriktens vägkostnader i förhållande till medelvärdet för Region Iggesund för 2010 och 2011. Kostnaderna omfattar löpande underhåll och nybyggnation. Jämförelsen av skillnaderna i vägkostnader har ordnats efter fallande andel virkesanskaffning från egen skog (jfr. figur 4). Jämförelsen visar på en relativt stor spridning mellan vägkostnaderna på olika distrikt (figur 7). Detta kan förklaras av olika förutsättningar, som geologi och nivå på tidigare väginvesteringar etc., samt olika strategier för väghållningen på distriktet. Här kan noteras att Delsbo, som enligt figur 5 har lägst vägstandard också har låga vägkostnader per m³fub. Högst vägkostnader har köpdistriktet Hudiksvall och Uppland. Sistnämnda distrikt har också högst vägstandard. Kostnaderna för nybyggnation är lägst på Sveg och kostnaderna för vägunderhåll är lägst på Ljusdal, trots att vägstandarden där pekar på ett större behov.



Figur 8. Skillnaden mellan vägkostnaden per distrikt och den genomsnittliga vägkostnaden för Region Iggesund uttryckt i procent.

Figure 8. The difference between the road costs of the districts and the average road cost of Region Iggesund in percentage.

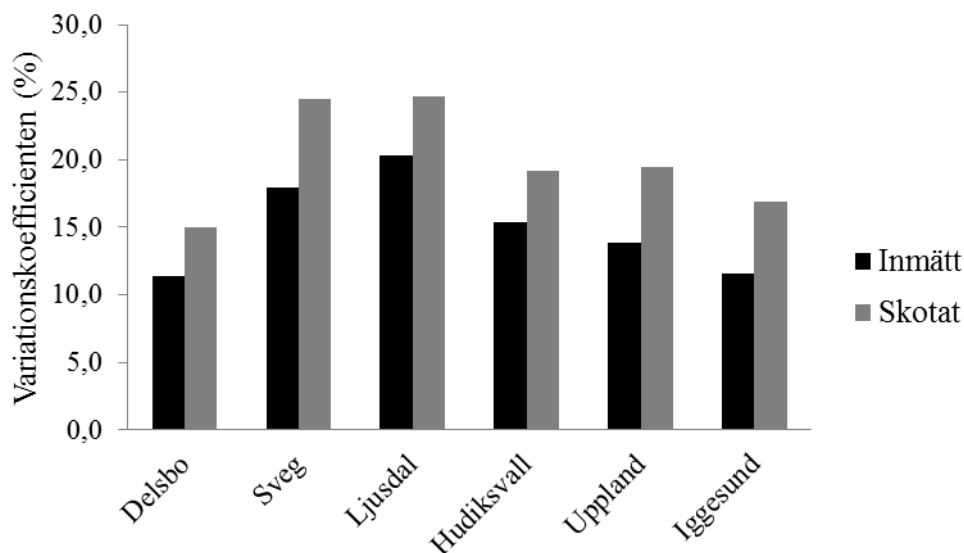
Medeltransportavstånden redovisas efter storleksordningen på andel virkesanskaffning från egen skog, från högst till lägst (jfr. figur 6). Kortast medeltransportavstånd till industri har Hudiksvall, ca 38 km, Delsbo, ca 80 km, och Ljusdal, ca 88 km (figur 9). Längst transportavstånd hade Sveg med ca 192 km följt av Uppland med ca 130 km.



Figur 9. Medeltransportavstånd från distrikten till industri i kilometer.

Figure 9. Average transport distance from the districts to mill in kilometer.

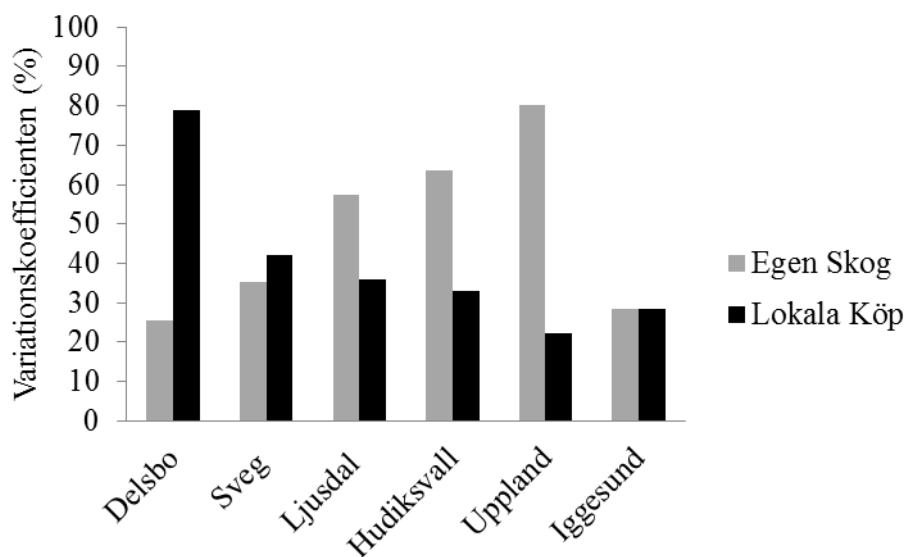
Variationen i skotade volymer är genomgående större än för inmätta volymer, d.v.s. vidaretransporterade volymer (figur 10). Variationen är störst för både skotade och inmätta volymer på Ljusdal och Sveg. Därefter kommer Hudiksvall, Uppland och Delsbo som hade lägst variation. Variationen i skotad respektive inmätt volym har flera förklaringar. När det gäller inmätt volym, så påverkar givetvis eventuell variation i efterfrågan. Detta bör i så fall även slå igenom i följsamhet och därmed motsvarande variation i drivning och skotning. Genomsnittet för variationskoefficienten på Region Iggesund är ca 17 % för skotad volym och ca 12 % för inmätt volym.



Figur 10. Variationskoefficienten (CV) för skotade och inmätta virkesvolymer på respektive distrikt 2011.

Figure 10. The coefficient of variation for terrain transported and measured wood volumes at mill from the districts 2011.

Variationen mellan levererade volymer per ursprung under året skiljer sig kraftigt mellan distrikten (figur 11).

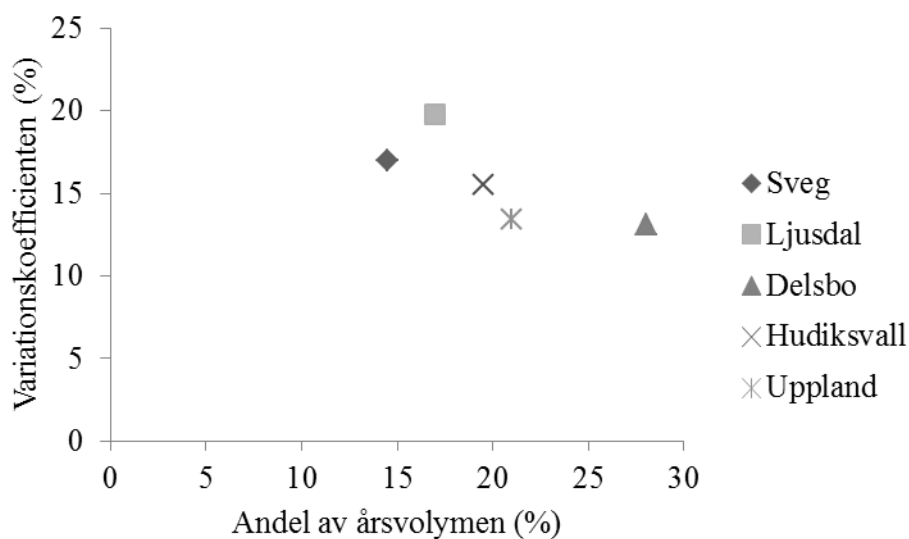


Figur 11. Medelvärde för variationskoefficienten (CV) för levererade virkesvolymer per månad från respektive distrikt uppdelat på lokala köp och egen skog, för 2010 och 2011.

Figure 11. The mean value of the coefficient of variation (CV) for delivered wood volumes per month from each district broken down on origins of wood supply, i.e. own forests and local purchase, 2010 and 2011.

Delsyfte 2, Samband mellan variationen i virkesflödet och distriktens förutsättningar

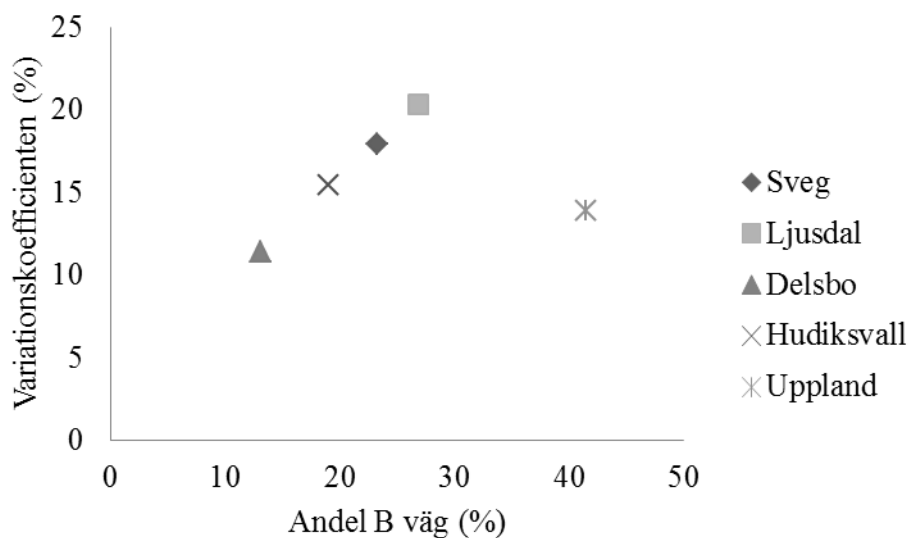
Distriktens variationskoefficient för inmätt volym har plottats mot andel av anskaffad årsvolym på Region Iggesund. Figur 12 visar att det tycks finnas ett negativt samband mellan distriktets variationskoefficient och andel av årsvolymen, d.v.s. att variationskoefficienten minskar med ökat virkesflöde. En del av variationen i virkesflödet kan alltså förklaras på detta sätt.



Figur 12. Variationskoefficienten (CV) för levererade virkesvolym per månad plottad över respektive distrikts andel av virkesflödet från regionen (medelvärde för 2010 och 2011).

Figure 12. The coefficient of variation for delivered wood volumes per month plotted over the districts share of the total wood supply from the region (average for 2010 and 2011).

Det fanns inte något samband mellan distriktens variationskoefficient för inmätt volym och andel B-vägar. Detta strider mot det allmänna antagandet att variationen i virkesflödet påverkas av vägstandarden. Tar man bort distrikt Uppland, så tycks förhållandet istället vara det omvända, d.v.s. att variationen i virkesflödet ökar med bättre vägar.



Figur 13. Variationskoefficienten (CV) för levererad virkesvolym per månad från respektive distrikt plottad över andel B-väg 2011.

Figure 13. The coefficient of variation for delivered wood volumes per month from each district plotted over the share of B-roads, 2011.

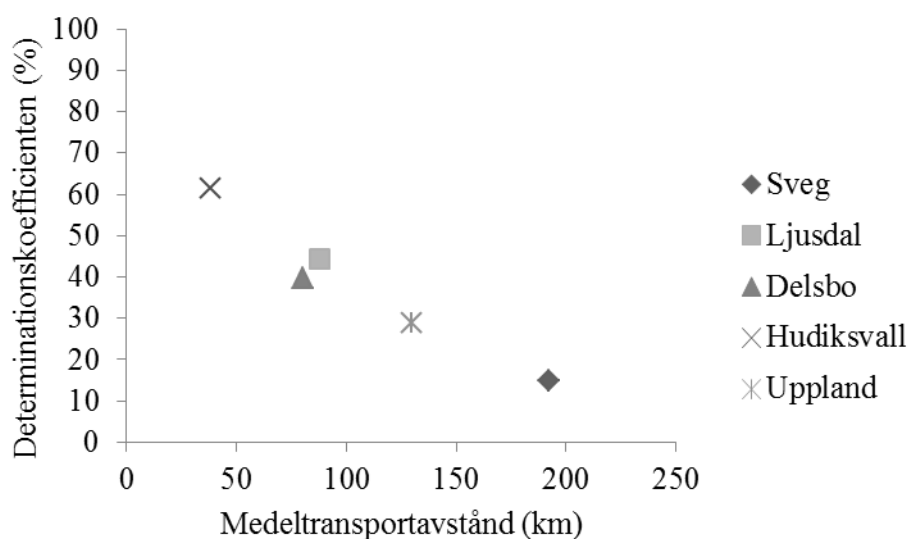
För att undersöka om, och i så fall i vilken utsträckning, som virkesflödets variation kan förklaras av de olika, givna förutsättningarna för virkesflödet, så har variationskoefficientens korrelation med dessa beräknats (tabell 6). Det fanns ett visst samband mellan variationskoefficienten och storleken på virkesflödet. Övriga test visar inte på något samband alls vid den aktuella upplösningen i indata.

Tabell 6. Undersökta samband mellan variationskoefficienten för virkesleveranser per månad och distriktens förutsättningar.

Table 6. Tested relationships between the coefficient of variation for the delivered wood volumes per month and the wood flow prerequisites at the districts.

Testade samband	Determinationskoefficient (r^2)
Variationskoefficientens samband med storleken på virkesflödet	0,5912
Variationskoefficientens samband med andelen egen skog	0,0635
Variationskoefficientens samband med andelen B-väg	0,0364
Variationskoefficientens samband med medeltransportavståndet	0,0114

Figur 14 visar determinationskoefficienten (r^2) för sambandet mellan inmätt och skotad volym under årets tolv månader uttryckt i procent plottat mot medeltransportavståndet för respektive distrikt. Korrelationen mellan inmätt och skotad volym är högre vid korta medeltransportavstånd och vice versa. Den plottade bilden indikerar ett starkt samband. Resultatet av regressionsanalysen för detta samband ger också $r^2 = 0,95$, d.v.s. 95 % av variationen i y kan förklaras av variationen i x.



Figur 14. Determinationskoefficienten för sambandet mellan inmätt och skotad volym per månad uttryckt i procent plottad över distriktens medeltransportavstånd 2011.

Figure 14. The determination coefficient for the relationship between measured volumes at mill and terrain transported volumes each month in percent plotted over the districts average transport distance 2011.

Delsyfte 3, Hjulsystemets inverkan på transportkostnaden

I tabell 7 sammanfattas ett underlag till vägledning för val av hjulsystem.

Tabell 7. Transportkostnadens förändring vid användning av olika typer av hjulsystem enligt beräkningar med TRANSAM.

Table 7. The change in transportation costs using different wheel systems according to calculations with TRANSAM.

	Hudiksvall	Delsbo	Ljusdal	Uppland	Sveg	Medel
Medeltransportavstånd (km)	38	80	88	130	192	106
<i>Transportkostnadens förändring vid val av hjulsystem (kr/m³fub)</i>						
CTI	0,77	1,09	1,14	1,51	1,97	1
Super Singel hjul	-0,47	-0,90	-0,98	-1,55	-2,17	-1,22
Super Singel hjul med CTI	0,38	0,29	0,28	0,11	0,00	0,21
<i>Transportkostnadens förändring vid val av hjulsystem (procent)</i>						
CTI	1,71	1,54	1,52	1,42	1,38	1,52
Super Singel hjul	-1,04	-1,28	-1,31	-1,46	-1,52	-1,32
Super Singel hjul med CTI	0,83	0,41	0,37	0,10	0,00	0,34
<i>Scenario: Transportkostnadens förändring då 30 % av flödet transporteras i varje distrikt med respektive fordonskombination (kr)</i>						
CTI	89 680	179 603	96 653	195 366	172 012	146 663
Super Singel hjul	-54 605	-149 364	-83 033	-200 968	-189 649	-135 524
Super Singel hjul med CTI	43 555	48 200	23 294	14 221	291	25 912

Det fanns en direkt koppling mellan medeltransportavståndet och transportkostnaden uttryckt i kr/m³fub vid användning av CTI (tabell 7). Detta är logiskt eftersom transportkapaciteten under systemets livslängd är proportionell mot transportavståndet; ju kortare transportavstånd, desto större transportkapacitet och vice versa. Ökningen av transportkostnaden vid användning av CTI blir därför lägst för distrikt Hudiksvall. För Super Singel hjul gäller det omvända sambandet. Ökat transportavstånd ger högre medelhastigheter och lägre bränsleförbrukning per transporterad enhet. Värdet av en lägre bränsleförbrukning blir därför störst vid långa medeltransportavstånd. För Super Singel hjul visar kalkylen att Sveg får den största sänkningen av transportkostnaden, -2,17 kr/m³fub. Super Singel hjul har även kombinerats med CTI. Liksom i fallet med användning av enbart CTI blir det också i detta fall ökande transportkostnader. De två systemen kan dock med fördel kombineras om fordonen kan förväntas köra i områden eller under perioder med svaga vägar.

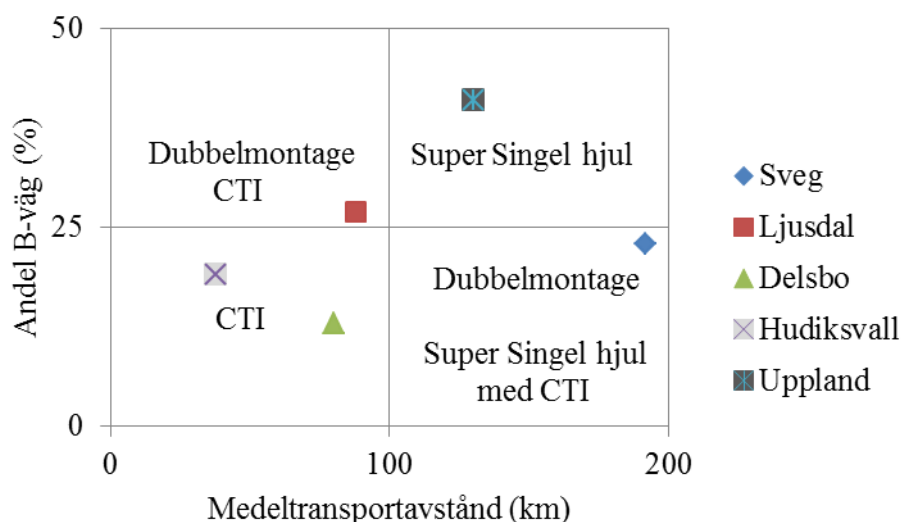
För CTI är det små positiva förändringar av de löpande vägkostnaderna som krävs för att systemet ska betala sig (tabell 8). För alternativet Super Singel hjul är det relativt stora ökning av de löpande vägkostnaderna som måste till för att det inte ska vara lönsamt att välja detta. För CTI är det mycket rimligt att kostnaderna för väghållningen sjunker betydligt mer samtidigt som det för alternativet Super Singel hjul inte borde överstiga angivna tabellvärden. Tabellen visar också att då Super Singel hjul används i kombination med CTI, så krävs en minskning av vägunderhållskostnaderna för att betala ett sådant system på samtliga fordon. Det finns dock inte några tidigare, svenska studier som visar att denna kombination skulle minska risken för sönderkörning av vägar.

Tabell 8. Nödvändig minskning eller högsta tillåtna ökning av distriktens löpande vägkostnader (%) för att investeringar i olika hjulsystem skall vara lönsamma.

Table 8. Necessary reduction or highest acceptable increase of the districts road costs (%) in order to make investments in different wheel systems profitable.

Hjulsystem	Delsbo	Sveg	Ljusdal	Hudiksvall	Uppland	Medel
CTI	-12,80	-8,11	-8,31	-3,75	-6,17	-5,46
Super Singel hjul	10,64	8,94	7,14	2,28	6,35	7,07
Super Singel hjul med CTI	-3,43	-0,01	-2,00	-1,82	-0,45	-1,15

CTI systemets potential är alltså störst på korta transportavstånd och dåliga vägar (figur 15). Super Singel hjul lämpar sig istället bäst på distrikt med bättre vägar och längre transportavstånd. Detta resulterar i att Delsbo och Hudiksvall är av störst intresse för CTI medan Uppland är intressant för Super Singel. CTI är också ett bra alternativ för Ljusdal. Sveg har långa transportavståndet och relativt låg vägstandard, därför är bedömningen att Super Singel hjul skulle kunna kombineras med CTI.



Figur 15. Distriktens transportförutsättningar beskrivna med två variabler, andel B-väg och medeltransportavstånd, samt förslag på mest effektiva val av hjulsystem.

Figure 15. The transport conditions of the districts described with two variables, the percentage of B-road and the average transport distance, and suggestions of most efficient wheel systems.

Diskussion

Allmänt

Arbetet inriktades till en början på att brett försöka utreda vad som kan göras för att öka virkets tillgänglighet under året och därigenom rationalisera virkesflödet och transportarbetet på regionen. En ambition var också att om möjligt formulera ett generellt angreppssätt för denna frågeställning. Fokus låg på att försöka beskriva och analysera virkesflödet, d.v.s. skotade volymer till väg, transporterade volymer till industri och lager vid bilväg.

Försök gjordes att samla informationsunderlag och hitta samband mellan å ena sidan intransport till industri och å andra sidan ingående bilvägslager, skotad volym till bilväg och vägstandard. Tanken var sedan att undersöka vilka insatser som kunde göras för att förbättra virkets tillgänglighet genom förbättrad vägstandard och/eller anpassad transportteknik, och därigenom rationalisera virkesflödet och transportarbetet.

Det visade sig dock att indata för en sådan ansats saknas. Idén om att koppla samman drivningsflöde till väg, bilvägslager och virkesflöde från väg med vägstandard släpptes därför.

Inte heller att koppla virkesflöde från väg med vägstandard skulle visa sig vara enkelt. För detta krävs uppgifter om transporterad volym och tillgänglighetsklass per väg under perioden 2010-2011. Att ta fram uppgifter om vilka vägar som använts för enskilda transporter inom ett så stort geografiskt område under två års tid ansågs dock inte motiverat då det gjorts i en tidigare studie med denna metodik. Där kopplades virkesorderns koordinater mot tillgänglighetsklassen på närmsta väg (Hell 2011). Resultatet av en annan studie visade också på betydande brister i kvalitén på attributdata i Holmens vägförvaltningssystem, VFS (Stridsman 2006). Detta gör också att denna ansats hade varit tveksam (Hell 2011).

Arbetet inriktades istället på att utvärdera var på Region Iggesund som man skulle kunna ha störst nytta av fordon som utrustas med CTI och Super Singel hjul med kravet bättre eller bibehållna förutsättningar för virkesflödet. Grundtanken var att distrikt med ojämn intransport av virke under året troligen har sämst bärighet på skogsbilvägnätet och därmed störst potentiell nytta av CTI. Distrikt med jämn intransport över året antogs däremot ha bra bärighet på vägnätet och därmed förutsättningar för Super Singel hjul på fordonen. Även om detta, p.g.a. bristande indata, alltså inte gick att påvisa, så finns sannolikt ett sådant samband och även teknik som kan rationalisera virkesflödet och effektivisera transportarbetet.

Dataunderlag och orsakssamband

Arbetet bygger på uppgifter från den praktiska verksamheten på Region Iggesund för åren 2010 och 2011. Regionens verksamhet speglar i hög grad hur skogsbruket idag arbetar för att jämna ut virkesflödet och resursutnyttjandet över året. Några exempel är bättre verksamhetsplanering, anpassad drivning, inköpsstrategier, vägupprustning och anpassad fordonsflotta. Därför har det också visat sig vara svårt att med hjälp av tillgängliga dataunderlag renodla och belysa olika orsakssamband.

Kommentarer till resultaten

Delsyfte 1, Virkesflöde och lokala förutsättningar

Andelen inmätt volym från egen skog respektive lokala köp är varandras spegelbilder. Detta betyder, att utöver fysiska förutsättningar, som vägstandard m.m., så påverkas intransporterna till industri av strategiska och taktiska överväganden beträffande virkesanskaffningen. Det är således viktigt att prioritera de krav och behov som gäller för köpverksamheten, och att anpassa verksamheten på den egna skogen till detta. Främst gäller det att man vill undvika skador på mark och vägar som tillhör privata skogsägare. Drivningsaktiviteten och leveranserna från ”lokala köp” prioriteras alltså under den bästa drivningssäsongen. Virkesanskaffningens andel från egen skog, andel B- och C-vägar och distriktens medeltransportavstånd till industri är alla viktiga faktorer som påverkar intransporten till industri. Eftersom man vid planering och genomförande av virkesförsörjningen av industrin tar hänsyn till en rad faktorer för att göra denna så rationell som möjligt, så kan man förvänta sig att förutsättningarnas verkliga inflytande är nedtonat i det material som studien bygger på. Det gäller t.ex. inflytandet av vägstandard. Detta har visat sig innebära en svårighet när det gäller att kunna påvisa samband mellan å ena sidan det fysiska virkesflödet, och å andra sidan vägstandard.

Hur den beräknade variationskoefficienten för skotad respektive inmätt volym på Region Iggesund förhåller sig till andra regioner eller företag är inte känt, men variationen i virkesflödet är troligen normal. En förklaring till skillnaderna mellan distrikt när det gäller variation i levererade volymer per ursprung under året är storleken på virkesflödet för respektive ursprung (figur 11 och figur 6).

Den övergripande analysen av väglagrets storlek och utveckling över året på Region Iggesund visar att anpassningen mellan produktionen i skogen och förbrukningen i industrin varit god.

Delsyfte 2, Samband mellan variationen i virkesflödet och distriktens förutsättningar
Enligt resultatet så minskade distriktens variation i virkesflödet till industri med ökad andel av regionens årsvolym. Detta verkar vara rimligt eftersom enskilda händelser som påverkar transporten får en mindre betydelse för variationen i större flöden. Distrikt med större volymer spelar vidare en viktigare roll för virkesförsörjningen av industrin än distrikt med mindre volymer, vilket kan antas leda till noggrannare planering.

När det gäller vägstandardens inverkan på variationen i virkesflödet, så kunde inte något samband påvisas. Tar man bort distrikt Uppland och ser till distrikten i Hälsingland och Härjedalen, visar bilden att variationen i virkesflödet ökar med ökad andel B-väg (minskad andel C-väg), d.v.s. med bättre vägstandard. Förklaringen kan vara att det strategiskt/taktiska utnyttjande av distrikten vid planeringen av virkesflödet döljer det faktiska beroendet av vägstandard för att åstadkomma ett jämnt virkesflöde. Andra förklaringar skulle kunna vara att beskrivning av vägstandard per distrikt är för grov och/eller att väglassningen är bristfällig alternativt felaktig.

När det gäller sambandet mellan determinationskoefficienten för inmätt och skotad volym, och medeltransportavståndet till industri, så visade resultatet på ett tydligt samband. Determinationskoefficienten ökar med minskat avstånd till industri. Det tyder på att kopplingen mellan planering, verkställighet och kontroll är starkare på distrikt som ligger närmare industri än på distrikt som ligger längre bort.

En förklaring till detta kan vara att distrikt med relativt korta avstånd till industri spelar en större strategisk/taktisk roll för jämnheten i virkesförsörjningen och att planeringen av verksamheten därför är mer intensiv. Korta avstånd till industri gör också att kapaciteten per virkesfordon är högre än vid längre avstånd, vilket kan vara mycket värdefullt under vissa perioder. Långa avstånd å andra sidan erbjuder möjligheter till utjämning av fordonsutnyttjandet om buffertlager byggs upp, vilket kan vara intressant under andra delar av året.

Delsyfte 3, Hjulsystemets inverkan på transportkostnaden

Det är ofta lättare att beräkna kostnaden för olika fordonstekniska förändringar än värdet av dessa. Sannolikt är detta också en förklaring till att implementeringen av CTI på virkesfordon gått relativt långsamt.

Analyserna visar att på aktuella transportavstånd skulle transportkostnaden öka med 1,4 – 1,7 % vid införande av CTI. Vid införande av Super Singel hjul på fordonen skulle däremot transportkostnaden kunna sänkas med 1 – 1,5 % och vid CTI med Super Singel hjul, får man räkna med en ökning av transportkostnaden i intervallet 0 – 0,8 %. Slutsatsen blir att kostnaden för förändring av virkesfordonens hjulsystem inte är så stor. CTI bör därför övervägas inom områden med låg vägstandard, där tekniken kan medverka till en rationalisering av virkesflödet, d.v.s. öka virkets åtkomlighet och minska lagringstiden vid bilväg. Super Singel hjul passar däremot bäst på områden med bra vägstandard, där förutsättningarna för virkesflödet redan är goda. Inom övriga områden kan en kombination av CTI och Super Singel hjul övervägas. Mot detta talar att transportkostnaden blir densamma som för ett vanligt dubbelmontage och att praktiska erfarenheter av denna teknikkombination och hjulsystemets inverkan på vägarna ännu saknas i Sverige.

Motiven för implementering av CTI respektive Super Singel hjul på Region Iggesund kan sammanfattas på följande sätt:

Distrikt Hudiksvall är bäst lämpat för ett införande av CTI, eftersom medeltransportavståndet är kort och vägstandarden låg (figur 15). Ett kort medeltransportavstånd är viktigt för att få hög utnyttjandegrad på systemet. Likaså är det viktigt att en stor andel av körtiden ligger på strukturellt sett svaga vägar. Hudiksvall är också det distrikt som ger den lägsta ökningen av transportkostnaden vid ett införande av CTI uttryckt i kr/m³fub (tabell 7). Enligt en tidigare studie körs också mest virke (m³fub/km²) ut från klass 3 och 4 vägar i Delsbo och Hudiksvall under tjällossningsperioden i regionen (Hell 2011).

Distrikt Hudiksvall har sammanfattningsvis lägst medeltransportavstånd, dåliga vägar, hög aktivitet under tjällossningsperioden och stort virkesflöde. Detta motiverar en satsning på CTI-system. Inom Hudiksvall står dessutom lokala köp för ca 75 % av den inmätta volymen vilket också talar för CTI på lastbilarna. Distriktet satsar också mest på vägar inom Region Iggesund. Med CTI skulle dessa kostnader kunna sänkas samtidigt som flödet kan jämnas ut. Kostnaden för det löpande vägunderhållet måste endast minska med 3,75 % för att motivera införande CTI till 100 % (tabell 8). Bedömningen är att detta bör kunna uppnås.

Näst bäst lämpad för CTI är Delsbo med ett relativt korta medeltransportavstånd, låg vägstandard och stort virkesflöde under tjällossningsperioden. Enbart en förändring av den löpande vägkostnaden, som i det här fallet måste uppgå till 12,8 %, räcker dock inte för att motivera implementering av CTI (tabell 4).

När det gäller Super Singel hjul är distrikt Uppland bäst lämpat. Distriktet har ett långt medeltransportavstånd och bäst vägstandard inom hela Regionen Iggesund (figur 15). Det längre medeltransportavstånd innebär generellt sett att en större andel av körtiden läggs på strukturellt sett starkare vägar, där fördelen av lägre bränsleförbrukning blir stor. Uppland har däremot högst andel lokala köp. Detta kan innebära risker för att det uppstår stora kostnader för sönderkörda vägar om inte Super Singel hjul används i kombination med CTI. Den positiva transportkostnadseffekten av Super Singel hjul blir dock försumbar om detta kombineras med CTI (tabell 7). God planering är därför en förutsättning vid användning av fordon med Super Singel hjul. På distrikt Uppland får de löpande vägkostnaderna maximalt öka med 6,35 % om Super Singel hjul används (tabell 8). Annars är detta olönsamt. Skulle Super Singel hjul användas i kombination med CTI måste istället vägkostnaden minska med 0,45 % för att detta ska vara lönsamt. I detta fall krävs alltså fördelar även när det gäller åtkomlighet etc., som innebär möjligheter att rationalisera virkesflödet.

Distrikt Sveg är näst bäst lämpat för Super Singel hjul. Sveg har längst medeltransportavstånd, men sämre vägar än distrikt Uppland (figur 15). De positiva effekterna på transportkostnaden är därför störst i Sveg (tabell 7). Den låga vägstandarden innebär dock risker för kostsamma sönderkörningar av vägarna. På distrikt Sveg får de löpande vägkostnaderna maximalt öka med 8,94 % om Super Singel hjul ska kunna motiveras (tabell 8). Används Super Singel hjul i kombination med CTI räcker det däremot med oförändrade vägkostnader.

Resultatens giltighet vid högre bruttovikt

Högre bruttovikter har utretts och diskuterats under flera år och resultaten från den FoU-verksamhet som bedrivits är mycket positiva (Löfroth & Svensson 2012). Regeringen har därför gett Transportstyrelsen och Trafikverket i uppdrag att förbereda för att lastbilar med en bruttovikt upp till 74 ton ska kunna trafikera delar av det allmänna vägnätet (Näringsdepartementet 2014). Uppdraget som har rubriken ”Effektiva godstransporter på väg” syftar till minskade utsläpp och transportkostnader, och därmed ökad konkurrenskraft för svenskt näringsliv. Lastvikten eller om man så vill produktiviteten per fordon kan förväntas öka med 20–25 % (Löfroth & Svensson 2012).

Frågan är då vad detta betyder för beräkningar och analyser i det här arbetet. När det gäller virkesflödet kan man konstatera att högre transportkapacitet per fordon kan vara en fördel under förfallsperioder då tillgängligheten på vägnätet är begränsad och tiden för att få ut virket direkt från skog till industri är begränsad. Å andra sidan kommer det totala fordonsbehovet och därmed tillgången på virkesfordon att minska. Från ett transportledningsperspektiv borde det ändå innebära en fördel när det gäller det praktiska genomförandet av virkesförsörjningen under olika delar av året.

Den intressanta frågan är naturligtvis hur transportkostnaden kommer att påverkas vid utrustning av fordonen med CTI, Super Singel hjul eller Super Singel hjul i kombination med CTI när bruttovikten höjs. Investeringskostnaden för utrustning med alternativa hjulsystem i förhållande till dagens kommer att öka i och med att det krävs ytterligare två axlar och fler hjul på fordonen för att tillåtna axel-/boggietryck inte skall överskridas.

Preliminära beräkningar visar att transportkostnadens ökning, uttryckt i relativa tal, blir densamma då ett 74 tons fordon utrustas med CTI, som vid motsvarande förändring av ett 60 tons fordon idag (Löfroth 2014, pers. komm.). Detta innebär att kostnadsökningen uttryckt i kr/m³fub kommer att minska, om man går från ett 74 tons fordon med konventionellt hjulsystem till ett med CTI. Detsamma gäller kostnadsförändringen vid införande av Super Singel hjul. Kostnadsbesparingen i relativa tal blir ungefär densamma, men uttryckt i absoluta tal så minskar den.

Syntes – virkesflödets förutsättningar, variation och tänkbara transporttekniska åtgärder

Syftet i det här arbetet har varit att undersöka virkesflödet från Region Iggesund, dess förutsättningar, variation under året samt möjliga åtgärder för att förbättra virkesflödet och kostnaderna för detta. Beskrivningen av virkesflödet omfattar inmätta och skotade volymer samt ingående väglager. Dessutom har viktiga förutsättningarna för virkesflödet, som medeltransportavstånd, vägstandard och nedlagda vägkostnader undersökts.

Några samband mellan virkesflödets variation och förutsättningar vad gäller vägstandard har inte kunnat påvisas. Detta beror sannolikt dels på en alltför låg upplösning när det gäller beskrivningen av vägstandard, i det här fallet en uppgift per distrikt, dels på en långt driven anpassning av Regionens verksamhet till aktuella förutsättningar.

Det här arbetet har fokuserat på att utreda transportteknik som kan rationalisera virkesflödet och/eller sänka transportkostnaderna. Beräkningarna av transportkostnader beroende på val av hjulsystem för dagens rundvirkesfordon har utgått från att dessa går att använda utan begränsningar på samtliga distrikt, eftersom det inte går att beakta olika förutsättningar vad gäller vägstandard i det kalkylprogram som använts. I praktiken sätter dock t.ex. vägstandard gränser för vad som är lämpligt. Analyserna av de ur kostnadssynpunkt bästa alternativen till dagens konventionella hjulsystem visade att CTI-utrustning och Super Singel hjul i kombination med CTI-utrustning ökar transportkostnaderna. För alternativet med enbart Super Singel däck minskar däremot kostnaderna. Vid införande av högre bruttovikt än dagens 60 ton, t.ex. 74 ton som nu är aktuellt, kommer den relativa förändringen av kostnaden per transporterad enhet vid val av CTI eller Super Singel hjul att bli ungefär densamma, som vid motsvarande val idag. För införande av CTI kommer detta att innebära att den faktiska merkostnaden per transporterad enhet sjunker.

Frågan blir då hur förutsättningarna för Regionens virkesflöde kan påverkas och därmed kostnaderna för detta, om man väljer ett annat alternativ än dagens hjulsystem. Detta har dock inte ingått i det här arbetet. Generellt kan man säga att virkesflödet och industrins krav på detta är överordnat. Ledtiden, från avverkningen av virket till förbrukning i industrin, är ett viktigt mått på effektiviteten i virkesflödet (Bjurulf et.al., 1991, Skoog, 2000). Ledtiden påverkar kapitalbindning för virke i lager, räntekostnader, värdeförluster till följd av inkurans, kostnader för lagerplatser och eventuella behandlingsåtgärder samt i

vissa fall extra transportkostnader vid s.k. omkörning av virket till t.ex. åtkomlig lagerplats under tjällossningen (Gregersen & Rådström, 1983, Bjurulf et.al., 1991). Kostnaden för detta har i olika utredningar beräknats till ca 0,50 kr per m³fub och dag (Bjurulf et.al., 1991). Till detta skall också läggas eventuella positiva eller negativa konsekvenser när det gäller kostnaderna för vägunderhållet.

Slutsatser och förslag

Variationen i virkesflödet under året, beroende på skillnader i vägstandard och övriga förutsättningar för virkesförsörjningen från olika distrikt inom Region Iggesund, visar att det finns motiv att i högre grad än idag välja att differentiera fordonen och bättre anpassa dessa till uppgiften.

Kostnaden per transporterad enhet för att utrusta fordonen med CTI respektive Super Singel hjul är begränsad och kommer sannolikt att minska vid införande av högre bruttovikt. På intäktssidan för CTI finns förväntad minskning av variationen i virkesflödet direkt från skog till industri och därmed kortare ledtid tack vare ökad åtkomlighet. Dessutom kan väggkostnaderna troligen sänkas, dels vid nybyggnation då man kan välja en något lägre standard, dels för det löpande vägunderhållet. CTI-utrustade fordon kan också tänkas vara ett argument vid köp av virke från privata skogsägare, eftersom risken för sönderkörning av enskilda vägar kan minskas. Detta är särskilt värdefullt under perioder åtkomligheten annars är en restriktion. I samband med gruppkörning är CTI-utrustade fordon också intressant, eftersom det vid intensiv trafik under vissa årstider kan finnas risk för utmattnings av väggkroppen. När det gäller Super Singel hjul så är förutsättningarna för bred implementering mer begränsade. Detta hjulsystem innebär dock möjligheter till sänkta transportkostnader där förutsättningarna är goda, d.v.s. bra vägstandard och långa transportavstånd.

En ökad differentiering av fordonen med hänsyn till uppgift och lokala förutsättningar kan komma att kräva mer planering och en intensivare transportledning, eftersom alla fordon inte längre kommer att kunna vara lika lämpliga överallt inom Region Iggesund. Detta kan dock förväntas sätta ökat fokus på utvecklingen av hela transportsystemet, d.v.s. vägar och fordon, vilket i sig är positivt.

Mot bakgrund av detta föreslås en bredare implementering av CTI och även test av Super Singel hjul där förutsättningar finns. En nyckelfråga blir då hur upphandlingen av transporttjänster från enskilda åkeriföretag bör utformas. Utan möjligheter för åkeriföretaget att få ta del av de mervärden som ny teknik kan förväntas ge, så är det svårt att tänka sig någon större vilja till förändring. Detta kräver troligen att Region Iggesund tar initiativ till en process som involverar åkeriföretagen i området och att man gör upphandlingar, som garanterar köp av transporttjänster under en stor del av den tid som en investering i ny teknik avser. Detta kräver sannolikt nya, mer innovationsdrivande affärsmodeller för köp och försäljning av transporttjänster än dagens.

Referenser

Litteratur

- Andersson, G. & Westlund, K. 2008. Vägstandardens inverkan på skogsnäringens transportarbete. Skogforsk, Arbetsrapport 663.
- Arvidsson, P.-Å., Forsberg, M., Jönsson, A., Flisberg, P. & Rönnqvist, M. 2000. BIT. Skogforsk, Arbetsrapport 470.
- Bjurulf, A., Rådström, L. & Svensson, G. 1991. Kapitalrationalisering Virke – ett STOTKAP-projekt. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten Uppdragsrapport.
- Carlsson, D. & Rönnqvist, M. 1999. Wood flow problems in Swedish forestry. Skogforsk Report No. 1, 1999
- Frisk, M. 2004. VägRust underlättar planeringen. Skogforsk Redogörelse nr 1, 2004 (sid 96–97).
- Gregersen, H. & Rådström, L. 1983, Virkesflödesstudie Södra Skogsägarna. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten Uppdragsrapport.
- Hell, M. 2011. Geografisk prioritering av CTI-utrustad virkestransportkapacitet. Inst. f. skoglig resurshushållning, SLU, Umeå. Arbetsrapport 329.
- Löfroth, C. & Svensson, S. 2012 ETT – Modulsystem för skogstransporter – En Trave Till (ETT) och Större Travar (ST). Skogforsk, Arbetsrapport nr. 758.
- Näringsdepartementet. 2014. Uppdrag om tyngre fordon på det allmänna vägnätet. Regeringens uppdrag till Transportstyrelsen och Trafikverket. Regeringsbeslut N2014/1844/TE.
- Renström, J. 2008. Säsongsvis avverkning – Det operativa traktvalets påverkan på den säsongsmässiga uthålligheten i ett bolagsdistrikts traktbank. Inst. f. skoglig resurshushållning, SLU, Umeå. Arbetsrapport 214.
- Röhfors, G. 2011. Bättre ekonomi och miljö med singelhjul och CTI. Skogforsk, Resultat nr 15 2011.
- Skoog, E. 2000. Leveransprecision och ledtid - två nyckeltal för styrning av virkesflödet Inst. f. skoglig resurshushållning och geomatik SLU, Umeå. Arbetsrapport 72.
- Skutin, S-G. 2012. Lönsamhet för CTI på virkesfordon. Skogforsk, Arbetsrapport nr 771.
- Stridsman, A. 2006. Kvalitet på vägdata – investering av skogsbilvägars standard samt jämförelser med lokal bedömning och SNVDB. Inst. f. Skoglig resurshushållning och geomatik, SLU, Umeå. Studentuppsats nr 85
- VSG (Vidaretransport Samverkansgruppen) 2010. Dagbok från däckgruppens studieresa till Skottland. Skogforsk.
- Åkerlund, M. 2006. Utvärdering av CTI på virkesfordon – CTI-projekt Holmen Skog/Örnfrakt 2005-2006. Inst. f. Skoglig resurshushållning och geomatik, SLU, Umeå. Studentuppsats nr 87.

Personliga kommentarer

- Verksamhetsutvecklare Jonas Byström, Holmen Skog 2012.
- Docent Dag Fjeld, SLU 2013.
- Ingenjör Claes Löfroth, Skogforsk 2013 och 2014.
- Forskare Mikael Frisk, Skogforsk 2013.

Bilaga 1.

Grundkalkyl, kranbil 60 ton. Hudiksvall, Delsbo och Ljusdal.

Indata

Indata			
Fordonstyp	Kranbil 60 ton. Känslighetsanalys CTI		
Ränta, %	4,5	Årligt utnyttjande, tim/år	4 000
Rörelsekapital, kr	100 000	Laststorlek, ton	42,00
Rörelsekapitalets ränta, %	7,0	Rådensitet, kg/m ³ f	900
Övriga tidskostnader, kr/år	70 000	Bränslepris, kr/liter	10,00
Lönekostnader, kr/år	1 200 000		
	Bil	Släp	Kran
Investering exkl däck, kr	1 460 000	700 000	500 000
Avskrivningstid, år	5	5	5
Restvärde, % av investeringen	15	15	15
Service och reparation, % av investeringen	40	40	40
Avskrivning som belastar tidskostnader, %	25	25	25
Investering i däck, kr	40 000	48 000	
Däckens hållbarhet, km	180 000	200 000	
Fordonsskatt, kr/år	12 522	14 305	
Kilometerskatt, kr/km			
Försäkringar, kr/år	40 000	20 000	
Bränsleförbrukning kran, liter/lass			5,00
Transportavstånd, km	38 km	80 km	88 km
Körhastighet, km/tim	55	70	72
Terminaltid, min/lass	40	40	40
Avbrottsid, min/lass	5	5	5
Lastkörningsgrad, %	50%	50%	50%
Bränsleförbrukning, liter/km	0,65	0,58	0,57
Smörjoljekostnad, kr/km	0,10	0,10	0,10

Kalkylresultat. Hudiksvall, Delsbo och Ljusdal.

Fordonstyp Kranbil 60 ton. Känslighetsanalys CTI				
Resultat				
Tidkostnad, kr/tim	387,00	Årlig tidkostnad, kr/år	1 547 982	
Transportavstånd	38 km	80 km	88 km	
Sträckkostnad, kr/km	11,64	9,33	9,08	
Årlig körsträcka, km	142 601	210 824	220 383	
Årlig sträckkostnad, kr/år	1 659 889	1 966 178	2 001 684	
Antal vändor per år	1 876	1 318	1 252	
Vändatid, timmar/vända	2,1	3,0	3,2	
Total vändakostnad, kr/vända	1 710	2 667	2 835	
Årlig transportkostnad, kr/år	3 207 870	3 514 160	3 549 665	
Total transportkostnad, kr/ton	40,71	63,50	67,50	
Total transportkostnad, kr/m ³	36,64	57,15	60,75	
Transportkostnadsfunktion, kr/ton =	20,29	+ 0,538	· km	
Transportkostnadsfunktion, kr/m ³ =	18,26	+ 0,484	· km	
Kostnadsfördelning				
Transportavstånd	38 km	80 km	88 km	
Tidkostnader	Fast avskrivning	1,29	1,84	1,93
kr/m ³	Räntor	0,89	1,27	1,34
	Fordonsskatt	0,31	0,44	0,46
	Försäkring	0,69	0,98	1,03
	Lönekostnader	13,70	19,52	20,54
	Övriga tidkostnader	0,80	1,14	1,20
Summa tidkostnader, kr/ton	17,68	25,17	26,49	
Sträckkostn.	Rörlig avskrivning	3,87	5,52	5,80
kr/m ³	Kilometerskatt	0,00	0,00	0,00
	Däcksutrustning	0,75	1,58	1,74
	Bränsle och smörjolja	11,82	21,30	22,95
	Service och reparation	2,51	3,58	3,76
Summa sträckkostnader, kr/ton	18,96	31,98	34,26	
Totalt, kr/ton	36,64	57,15	60,75	
Total årlig transport	ton	78 806	55 341	52 591
	m ³	87 562	61 490	58 435

Bilaga 2.

Grundkalkyl, kranbil 60 ton. Uppland och Sveg

Indata

Indata			
Fordonstyp	Kranbil 60 ton.Känslighetsanalys CTI		
Ränta, %	4,5	Årligt utnyttjande, tim/år	4 000
Rörelsekapital, kr	100 000	Laststorlek, ton	42,00
Rörelsekapitalets ränta, %	7,0	Rådensitet, kg/m ³ f	900
Övriga tidskostnader, kr/år	70 000	Bränslepris, kr/liter	10,00
Lönekostnader, kr/år	1 200 000		
	Bil	Släp	Kran
Investering exkl däck, kr	1 460 000	700 000	500 000
Avskrivningstid, år	5	5	5
Restvärde, % av investeringen	15	15	15
Service och reparation, % av investeringen	40	40	40
Avskrivning som belastar tidskostnader, %	25	25	25
Investering i däck, kr	40 000	48 000	
Däckens hållbarhet, km	180 000	200 000	
Fordonsskatt, kr/år	12 522	14 305	
Kilometerskatt, kr/km			
Försäkringar, kr/år	40 000	20 000	
Bränsleförbrukning kran, liter/lass			5,00
Transportavstånd, km	130 km	192 km	250 km
Körhastighet, km/tim	75	80	90
Terminaltid, min/lass	40	40	40
Avbrottsid, min/lass	5	5	5
Lastkörningsgrad, %	50%	50%	50%
Bränsleförbrukning, liter/km	0,62	0,58	0,55
Smörjolekostnad, kr/km	0,10	0,10	0,10

Kalkylresultat. Uppland och Sveg

Fordonstyp Kranbil 60 ton.Känslighetsanalys CTI			
Resultat			
Tidkostnad, kr/tim	387,00	Årlig tidkostnad, kr/år	1 547 982
Transportavstånd	130 km	192 km	250 km
Sträckkostnad, kr/km	9,22	8,51	7,92
Årlig körsträcka, km	246 640	276 757	317 181
Årlig sträckkostnad, kr/år	2 274 257	2 355 814	2 513 527
Antal vändor per år	949	721	634
Vändatid, timmar/vända	4,2	5,6	6,3
Total vändakostnad, kr/vända	4 029	5 417	6 403
Årlig transportkostnad, kr/år	3 822 239	3 903 796	4 061 509
Total transportkostnad, kr/ton	95,94	128,96	152,44
Total transportkostnad, kr/m ³	86,34	116,07	137,20
Transportkostnadsfunktion, kr/ton =	35,86	+ 0,472	- km
Transportkostnadsfunktion, kr/m ³ =	32,28	+ 0,424	- km
Kostnadsfördelning			
Transportavstånd	130 km	192 km	250 km
Tidkostnader	2,55	3,36	3,82
kr/m ³	1,76	2,32	2,64
Fast avskrivning	0,61	0,80	0,91
Räntor	1,36	1,78	2,03
Fordonskost	27,11	35,68	40,54
Försäkring	1,58	2,08	2,36
Lönekostnader	34,97	46,02	52,29
Övriga tidkostnader			
Summa tidkostnader, kr/ton			
Sträckkostn.	7,66	10,08	11,46
kr/m ³	0,00	0,00	0,00
Rörlig avskrivning	2,58	3,80	4,95
Kilometerskatt	36,17	49,62	61,07
Däcksutrustning	4,97	6,54	7,43
Bränsle och smörjolja	51,37	70,04	84,91
Service och reparation			
Summa sträckkostnader, kr/ton			
Totalt, kr/ton	86,34	116,07	137,20
Total årlig transport	ton	39 842	30 270
	m ³	44 269	33 634
			26 643
			29 604

Bilaga 3.

Känslighetsanalys, CTI

Hudiksvall, Delsbo och Ljusdal

Fordonstyp: Kranbil 60 ton. Känslighetsanalys CTI			
Base values			
Ränta, %	4,5		
Övriga tidskostn, kr/år	70000		
Lönekostnader, kr/år	1 200 000		
Årligt utnyttjande, tim/år	4 000		
Laststorlek, ton	42,00		
Bränslepris, kr/liter	10,00		
	Bil	Släp	Kran
Investering exkl däck, kr	1 460 000	700 000	500 000
Avskrivningstid, år	5	5	5
Restvärde, %	15	15	15
Service & reparation, %	40	40	40
Investering i däck, kr	40 000	48 000	
Däckens hållbarhet, km	180 000	200 000	
Kilometerskatt, kr/km	0	0	
Transportavstånd	38 km	80 km	88 km
Bränsleförbrukning, l/km	0,65	0,58	0,57
Terminaltid, min/lass	40	40	40
Avbrottstid, min/lass	5	5	5
Körhastighet, km/tim	55	70	72
Results			
	38 km	80 km	88 km
Kostnad, kr/ton	40,71	63,50	67,50
Årlig kostnad, kr/år	3 207 870	3 514 160	3 549 665
	38 km	80 km	88 km
	41,40	64,48	68,52
	3 271 395	3 577 707	3 613 179
	38 km	80 km	88 km
Ändring transportavstånd	0,698	0,980	1,029
Ändrad kostnad, kr/ton	55 162	54 385	54 259
Årlig förändring, kr/år	63 525	63 547	63 513

Känslighetsanalys, CTI forts.

Uppland och Sveg

Fordonstyp				Kranbil 60 ton.Känslighetsanalys CTI							
Base values				Change in %				Ajusted values			
Ränta, %	4.5										
Övriga tidskostn, kr/år	70000										
Lönekostnader, kr/år	1 200 000							1 206 000			
Årligt utnyttjande, tim/år	4 000							4 020			
Laststorlek, ton	42.00							41.90			
Bränslepris, kr/liter	10.00										
	Bil	Släp	Kran					Bil	Släp	Kran	
Investering exkl däck, kr	1 460 000	700 000	500 000					1 600 000	760 000		
Avskrivningstid, år	5	5	5								
Restvärde, %	15	15	15								
Service & reparation, %	40	40	40								
Investering i däck, kr	40 000	48 000									
Däckens hållbarhet, km	180 000	200 000		5.0%							
Kilometerskatt, kr/km	0	0									
Transportavstånd	130 km	192 km	250 km					130 km	192 km	250 km	
Bränsleförbrukning, l/km	0.62	0.58	0.55								
Terminaltid, min/lass	40	40	40								
Avbrottstid, min/lass	5	5	5								
Körhastighet, km/tim	75	80	90								
Results											
	130 km	192 km	250 km					130 km	192 km	250 km	
Kostnad, kr/ton	95.94	128.96	152.44					97.30	130.74	154.44	
Årlig kostnad, kr/år	3 822 239	3 903 796	4 061 509					3 886 534	3 967 833	4 125 440	
	Ändring transportavstånd										
	Ändrad kostnad, kr/ton							1.360	1.775	1.997	
	Årlig förändring, kr/år							54 330	53 859	53 343	
	Årlig kostnad, kr/år							64 295	64 037	63 931	

Bilaga 4.

Känslighetsanalys Super Singel hjul

Hudiksvall, Delsbo och Ljusdal

Fordonstyp												
Kranbil 60 ton. Känslighetsanalys Super Singel hjul												
Base values						Change in %			Adjusted values			
Ränta, %	4,5											
Övriga tidskostn, kr/år	70 000											
Lönekostnader, kr/år	1 200 000											
Årligt utnyttjande, tim/år	4 000											
Laststorlek, ton	42,00								42,00			
Bränslepris, kr/liter	10,00											
	Bil	Släp	Kran				Bil	Släp	Kran			
Investering exkl däck, kr	1 460 000	700 000	500 000									
Avskrivningstid, år	5	5	5									
Restvärde, %	15	15	15									
Service & reparation, %	40	40	40									
Investering i däck, kr	40 000	48 000										
Däckens hållbarhet, km	180 000	200 000						240 000				
Kilometerskatt, kr/km	0	0										
Transportavstånd	38 km	80 km	88 km				38 km	80 km	88 km			
Bränsleförbrukning, l/km	0,65	0,58	0,57									
Terminaltid, min/lass	40	40	40									
Avbrotttid, min/lass	5	5	5									
Körhastighet, km/tim	55	70	72									
							-3,0%					
Results												
	38 km	80 km	88 km				38 km	80 km	88 km			
Kostnad, kr/ton	40,71	63,50	67,50				40,28	62,68	66,61			
Årlig kostnad, kr/år	3 207 870	3 514 160	3 549 665				3 174 359	3 469 044	3 503 164			
							Ändring transportavstånd					
							Ändrad kostnad, kr/ton	-0,425	-0,815	-0,884		
							Årlig förändring, kr/år	-33 511	-45 116	-46 501		
							Årlig kostnad, kr/år	-33 511	-45 116	-46 501		

Bilaga 5.

Känslighetsanalys Super Singel hjul med CTI

Hudiksvall, Delsbo och Ljusdal

Fordonstyp Kranbil 60 ton. Känslighetsanalys Super Singel hjul med CTI							
Base values			Change in %	Ajusted values			
Ränta, %	4,5						
Övriga tidskostn, kr/år	70000						
Lönekostnader, kr/år	1 200 000						
Årligt utnyttjande, tim/år	4 000						
Laststorlek, ton	42,00			41,90			
Bränslepris, kr/liter	10,00						
	Bil	Släp	Kran		Bil	Släp	Kran
Investering exkl däck, kr	1 460 000	700 000	500 000		1 600 000	760 000	
Avskrivningstid, år	5	5	5				
Restvärde, %	15	15	15				
Service & reparation, %	40	40	40				
Investering i däck, kr	40 000	48 000					
Däckens hållbarhet, km	180 000	200 000			189 000	250 000	
Kilometerskatt, kr/km	0	0					
Transportavstånd	38 km	80 km	88 km		38 km	80 km	88 km
Bränsleförbrukning, l/km	0,65	0,58	0,57	-3,0%			
Terminaltid, min/lass	40	40	40				
Avbrottstid, min/lass	5	5	5				
Körhastighet, km/tim	55	70	72				
Results							
	38 km	80 km	88 km		38 km	80 km	88 km
Kostnad, kr/ton	40,71	63,50	67,50		41,04	63,76	67,74
Årlig kostnad, kr/år	3 207 870	3 514 160	3 549 665		3 226 884	3 520 301	3 554 244
	Ändring transportavstånd						
	Ändrad kostnad, kr/ton				0 339	0 263	0 248
	Årlig förändring, kr/år				26 652	14 508	13 031
	Årlig kostnad, kr/år				19 014	6 141	4 579

Känslighetsanalys Super Singel hjul med CTI forts.

Uppland och Sveg

Fordonstyp Kranbil 60 ton. Känslighetsanalys SuperSingel hjul med CTI									
Base values			Change in %			Ajusted values			
Ränta, %	4,5								
Övriga tidskostn, kr/år	70000								
Lönekostnader, kr/år	1 200 000								
Årligt utnyttjande, tim/år	4 000								
Laststorlek, ton	42,00						41,90		
Bränslepris, kr/liter	10,00								
	Bil	Släp	Kran			Bil	Släp	Kran	
Investering exkl däck, kr	1 460 000	700 000	500 000			1 600 000	760 000		
Avskrivningstid, år	5	5	5						
Restvärde, %	15	15	15						
Service & reparation, %	40	40	40						
Investering i däck, kr	40 000	48 000							
Däckens hållbarhet, km	180 000	200 000				189 000	250 000		
Kilometerskatt, kr/km	0	0							
Transportavstånd	130 km	192 km	250 km			130 km	192 km	250 km	
Bränsleförbrukning, l/km	0,62	0,58	0,55	-3,0%					
Terminaltid, min/lass	40	40	40						
Avbrottstid, min/lass	5	5	5						
Körhastighet, km/tim	75	80	90						
Results	130 km	192 km	250 km		130 km	192 km	250 km		
Kostnad, kr/ton	95,94	128,96	152,44		96,03	128,97	152,21		
Årlig kostnad, kr/år	3 822 239	3 903 796	4 061 509		3 817 090	3 894 602	4 045 768		
	Ändring transportavstånd								
	Ändrad kostnad, kr/ton				0,099	0,003	-0,228		
	Årlig förändring, kr/år				3 952	101	-6 071		
	Årlig kostnad, kr/år				-5 149	-9 194	-15 741		