



# Geografisk prioritering av CTI-utrustad virkestransportkapacitet

*Geographic prioritization of CTI-equipped truck capacity*

**Magnus Hell**

**Arbetsrapport 329 2011**  
**Examensarbete 30 hp D**  
**Jägmästarprogrammet**

**Handledare:**  
**Dag Fjeld**

---

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



ISSN 1401-1204  
ISRN SLU-SRG-AR-329-SE



# **Geografisk prioritering av CTI-utrustad virkestransportkapacitet**

*Geographic prioritization of CTI-equipped truck capacity*

**Magnus Hell**

Examensarbete i Skogshushållning vid inst för skoglig resurshushållning, 30 hp

Jägmästarprogrammet

EX0628

Handledare: Dag Fjeld, SLU, institutionen för skoglig resurshushållning, teknologi

Examinator: Iwan Wästerlund, SLU, institutionen för skoglig resurshushållning, teknologi

## **Förord**

Denna studie har utförts som examensarbete motsvarande 30 hp i ämnet skogshushållning vid institutionen för Skoglig resurshushållning, Sveriges lantbruksuniversitet i Umeå. Holmen skog i Örnsköldsvik har fungerat som värd företag och uppdragsgivare.

Ett stort tack vill jag rikta till min handledare Dag Fjeld som med stort engagemang och insiktsfulla råd varit en ovärderlig hjälp under arbetets gång. Även Martin Jacobsson, kontaktperson vid Holmen skog, vill jag rikta ett stort tack till för sitt engagemang och stöd framför allt under arbetets upptakt.

Stort tack även till alla på Holmen Skog jag varit i kontakt med för er hjälpsamma inställning och snabba svar på de frågor jag haft.

Umeå i februari 2011

*Magnus Hell*

## Sammanfattning

Tidigare studier om central tire inflation (CTI) har visat på en stor potentiell nytta med tekniken avseende jämnare virkesflöde och minskade skador på det skogliga vägnätet. Nyttan är störst under perioder med låg bärighet på skogsvägnätet, framför allt under tjällossningen. Inga tidigare studier har däremot studerat var i en större geografi teknologin har störst potentiell nytta.

Syftet med studien var att utveckla och använda en enkel metod för geografisk prioritering av upphandling av CTI-utrustade virkesbilar inom ett företags verksamhetsområde.

Värdföretag för studien var Holmen skog. Det studerade området utgjordes av hela Holmen skogs verksamhetsområde som sträcker sig från Västerbotten till Småland. Området täcker ungefär 245 000 km<sup>2</sup> och det är ungefär 100 mil från den nordligaste delen till den sydligaste. Verksamhetsområdet är indelat i tre regioner och 20 transportområden. Studien utfördes genom att kartlägga transporterade virkesvolymerna från vägar med låg bärighet under tjällossningen. Tjällossningen antogs vara årets första månad med plusgrader i medeltemperatur. Virkesvolymerna som började transporteras under denna period från vägar med tillgänglighetsklass 3 och 4 (ej tillgänglig under tjällossning och regnperioder samt endast tillgänglig vintertid) summerades. Områden med stora virkesvolymerna transporterade på detta vis bör ha störst potentiell nytta av CTI-bilar och därmed hög prioritet för en upphandling av CTI-utrustad virkesbilskapacitet.

Metoden belyser tydliga geografiska mönster för trolig nytta av CTI-teknik. Enligt metodens kriterier framstår tre transportområden som särskilt prioriterade för en upphandling av CTI-utrustad virkesbilskapacitet. Två områden i Region Örnsköldsvik och ett område i Region Iggesund.

Nyckelord: tjällossning, rundvirkestransport, vägtillgänglighet

## Summary

Previous studies of central tire inflation (CTI) in truck transport of roundwood have shown potential benefits to include more even wood flow and reduced road damage. The greatest benefits are found to be during periods of low bearing capacity such as spring thaw. No previous studies have examined geographical variations in the potential benefit of CTI-equipped trucks.

The aim of the study was to develop and use a simple method for geographically prioritizing the use of CTI-equipped trucks within a forest company's sector of activity.

The host company for the study was Holmen Skog. The area studied consisted of Holmen Skog's entire sector of activity extending from the province of Västerbotten to the province of Småland. This area covers approximately 245 000 km<sup>2</sup> and the distance between the northernmost part of the area and the southernmost is approximately 1 000 km. The study area is administratively divided into three regions and 20 transport areas. The study was carried out by identifying wood volumes transported over roads with low bearing capacity during the spring thaw. Spring thaw was assumed to take place the first month of the year with an average temperature above zero degrees. Roundwood transport volumes which were initiated during this period over roads with accessibility class 3 (insufficient bearing capacity during spring thaw or after rainy periods) and 4 (insufficient bearing capacity without frost) were summed over a period of two years. Transport areas with the largest volumes were assumed to have the greatest potential benefit of CTI-equipped trucks.

The method used indicates clear geographical patterns of CTI-benefits. According to the criteria used there were three transport areas with particularly high priority for implementation of CTI-equipped trucks.

Keywords: spring thaw, round wood transport, road accessibility

# Innehållsförteckning

1. INLEDNING .....	2
1.1. Bakgrund .....	2
1.2. Syfte.....	3
2. MATERIAL OCH METOD .....	4
2.1. Vårdföretaget.....	4
2.2. Analysöversikt.....	6
2.3. Transportdata.....	7
2.4. Vägtillgänglighetsdata.....	7
2.5. Temperaturdata.....	7
3. RESULTAT.....	9
4. DISKUSSION .....	15
4.1. Utvärdering av material och metod .....	15
4.2. Dimensionering av andelen CTI-bilar .....	17
4.3. Potentiella vinster med CTI.....	18
4.4. Forskning nu och i framtiden.....	19
4.5. Slutsatser.....	20
REFERENSER.....	21

# 1. INLEDNING

## 1.1. Bakgrund

Skogsbruket drabbas varje år av stora kostnader till följd av bristande tillgänglighet till skogsvägnätet. Den bristande tillgängligheten inträffar framför allt under tjällossningen men även under regnperioder, främst under hösten. Det vanligaste sättet att hantera den bristande tillgängligheten och säkerställa industrins tillgång till virke är med lager. Lagren kan anläggas vid tjälsäker väg, terminaler eller industri. Oberoende av vilken lagermetod som används så medför det en kostnad i form av extra hantering och kvalitetsförsämring av virket.

En tänkbar lösning för att minska problemen är CTI-tekniken. CTI (central tire inflation) är ett system för att under färd kunna justera däckstrycket hos lastbilar. Med ett minskat däcktryck fås en ökad kontaktyta mellan däck och väg. Denna ökade kontaktyta leder till ett minskat marktryck som medför minskad spårbildning och ökad framkomlighet på vägar med svag bärighet. Den största effekten med systemet är att virkesbilar som utrustats med CTI kan köra på mjuka underlag som vanliga virkesbilar inte kan köra på, framför allt svaga vägar under tjällossningen. Följderna av de positiva effekterna av CTI är främst: minskat slitage och minskade reparationer på vägar, minskad lagerhållning av virke för att säkerställa leveranser samt ökat utnyttjande av det utrustade fordonet under perioder med låg bärighet (Granlund, 2006). Om målet är att öka tillgängligheten till skogsvägnätet är alternativet till CTI kostsamma upprustningar.

Trafikverket har på grund av det minskade marktrycket från CTI-bilar beslutat att tillåta CTI-bilar köra fullastade på vissa statliga vägar med nedsatt bärighet (bärighetsklass 2 och 3). Vägarna som godkänts är vägar som inte är nedklassade på grund av underdimensionerade broar och som bedömts ha en tillräcklig grundläggande bärighet. (Anon. 2007). I områden med stora virkesvolymerna transporterade över BK 2 och BK 3 vägar samt med många BK 2 och BK 3 vägar godkända för fullastade CTI bilar finns en stor besparingspotential. Enligt Åkerlund (2006) rörde det sig om 133 600 till 202 500 kr per år för Holmen Skogs distrikt Björna och Bredbyn åren 2005-2006.

Det finns ett antal CTI-bilar i drift idag. En studie av ett åkeri som utrustat en bil med CTI-utrustning visar att CTI-bilen utförde ett större transportarbete än andra jämförbara bilar i samma område. Skillnaden var 55% högre transportarbete över året och 74% högre transportarbete under tjällossningen för CTI-bilen (Åkerlund, 2006). Detta indikerar att systemet faktiskt fungerar och bilen har en högre åtkomst till virke än andra bilar.

CTI-systemet har flera positiva egenskaper men en nackdel är ökade kostnader i form av inköp, montering och underhåll som användande av systemet innebär. Alla virkesvolymerna finns inte vid vägar med låg bärighet utan CTI-systemet bör användas där det gör nytta och alla bilar behöver inte utrustas. Ett optimalt användande av CTI innebär att en viss del av en fordonsflotta bör utrustas. Enström (2005) utvecklade i sitt examensarbete en optimeringsmodell för avvägning mellan lagerhållningskostnader och investering i CTI-teknik. Målet med arbetet var att ge svar på hur många CTI-bilar som krävs inom ett område för att klara leveranskrav och undersöka vad den ökade tillgängligheten är värd. Resultatet var att ca 30% av fordonsflottan (3 bilar) kunde direktleverera nödvändig volym



under tjällossningen. Lagerkostnaderna skulle minska med 1,9 miljoner kr för en tjällossningsperiod.

Kostnaden för inköp och montering av ett CTI-system var år 2006 150 000 till 220 000 kr (Granlund, 2006). Att utrusta tre bilar skulle kostat max 220 000 kr per bil, vilket skulle innebära en total investering på 660 000 kr. I jämförelse med de 1,9 miljoner kr som lagerkostnaderna skulle minska med innebär det att investeringen skulle vara lönsam redan första året.

Resultatet av Myers & Richards (2003) arbete är dock att CTI inte påverkar kostnaderna för råvaruförsörjning märkvärt. Den enda skillnaden på en CTI-bil och en standardbil i Myers och Richards arbete är att en CTI-bil har en stilleståndstid på 5-9 veckor/vår istället för standardbilens 7,5–11 veckor/vår. Sådana stilleståndstider är inte realistiska för svenska förhållanden, ingen hänsyn tas heller till de positiva effekterna av CTI användning i form av exempelvis minskade vägunderhållskostnader. Den låga lönsamheten för CTI-bilarna i arbetet bör därmed vara underskattad för svenska förhållanden.

Tidigare arbeten har kartlagt de positiva effekterna hos systemet och lämplig dimensionering av en flotta i ett visst område. Åkerlund (2006) påpekade att CTI-bilar bör vara strategiskt placerade där de har störst potential. En sådan geografisk prioritering har inte utförts tidigare. Som grund för en upphandling av CTI-bils kapacitet behövs en storskalig analys för att avgöra var bilarna kan göra störst potentiell nytta.

## ***1.2.Syfte***

Syftet med studien var att utveckla och tillämpa en enkel metod för geografisk prioritering av upphandling av CTI-utrustade virkesbilar inom ett skogsföretags verksamhetsområde.

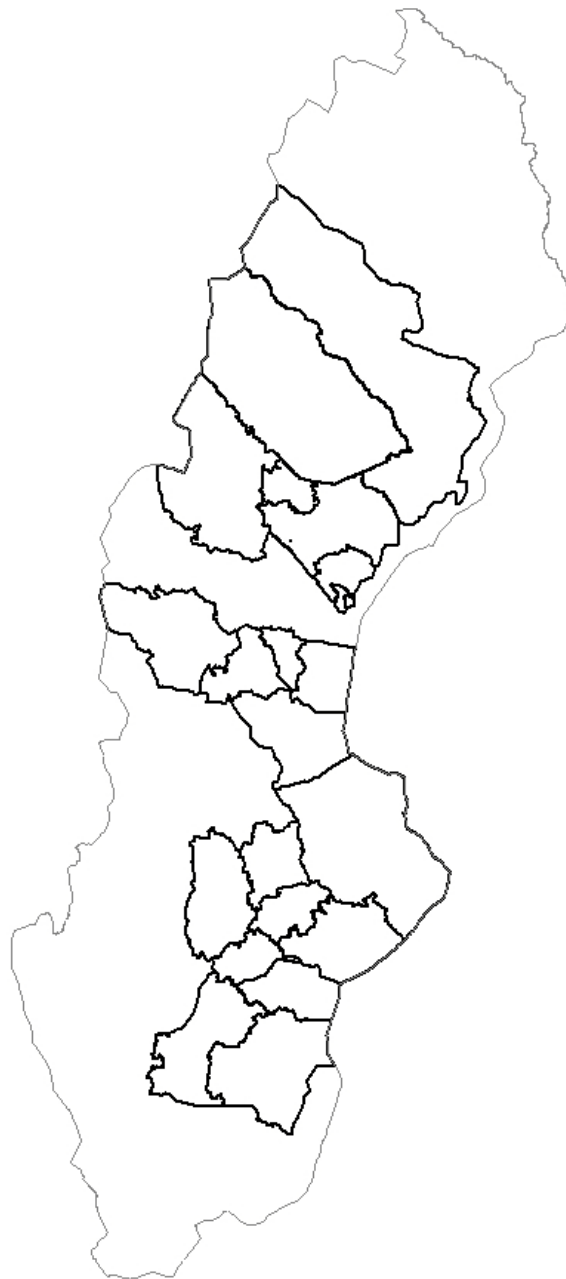
## **2.MATERIAL OCH METOD**

### ***2.1.Värd företaget***

Holmen Skog är en del av Holmenkoncernen som ansvarar för råvaruförsörjningen till Holmens svenska industrier. Holmen Skog ansvarar även för förvaltningen av Holmens skogsinnehav som uppgår till ca 1 miljon hektar produktiv skogsmark. Holmen Skog anskaffar årligen ca 10 miljoner m<sup>3</sup>fub varav ca 4,6 miljoner m<sup>3</sup>fub förbrukas av Holmens anläggningar (Anon. 2010a).

Holmen Skogs verksamhet är indelad i tre regioner: Örnköldsvik, Iggesund och Norrköping. Region Örnköldsvik fungerar främst som en virkeshandlare och säljer virke till externa industrier. Region Iggesund och Norrköping är ansvarig för försörjningen av Holmens industrier.

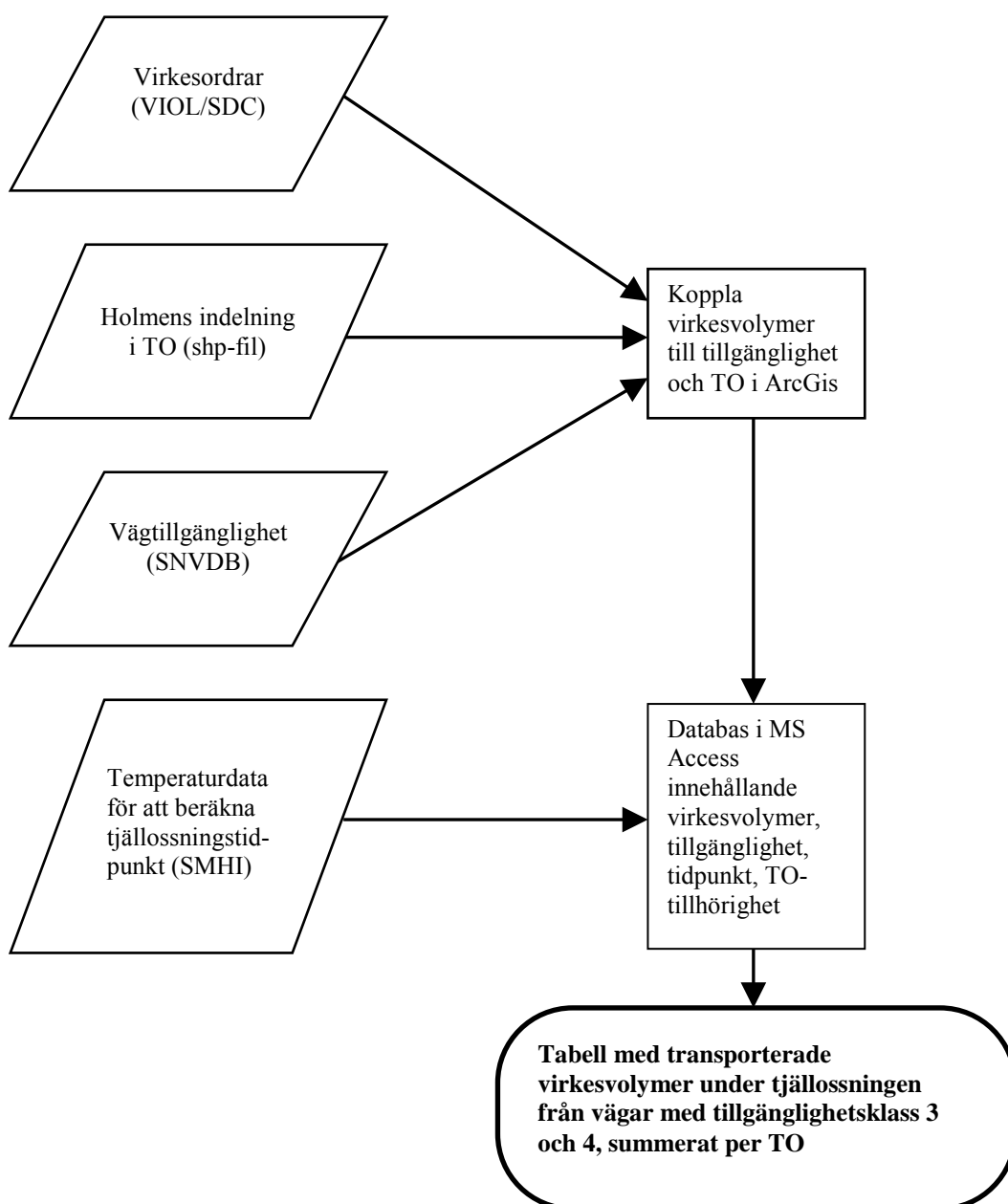
Virkestransporterna inom Holmen Skog är organiserade utifrån ett geografiskt perspektiv. Hela verksamhetsområdet är indelat i transportområden (TO) där varje transportområde har ett ansvarigt åkeri och virkesbilarna agerar inom hela sitt område (figur 1). Om en utökning av antalet CTI-bilar inom företaget blir aktuell, är det på transportområdesnivå som en upphandling sker.



**Figur 1.** Holmen Skogs indelning i transportområden.  
*Figure 1. Holmen Skogs division into transport areas.*

## 2.2. Analysöversikt

Viktigaste kriteriet för lokalisering av CTI-bilar är ett stort underlag för användning av CTI-bilar. Det vill säga stora virkesvolymerna transporterade på vägar med låg tillgänglighet under perioder med låg bärighet. För att beräkna detta krävdes data om transporterade virkesvolymerna, tillgänglighetsdata för använda vägar och meteorologiska data (temperatur). Virkesvolymerna summerades transportområdesvis fördelat på tillgänglighetsklasser under tjällossningen. Resultatet blev en tabell med transporterade virkesvolymerna från vägar med låg tillgänglighet under tjällossningen. Figur 2 visar ett flödesschema över arbetsprocessen.



**Figur 2.** Flödesschema över arbetsgången i studien.

*Figure 2.* Flow chart illustrating the work process of the thesis.

### 2.3. Transportdata

Grunddatat för analysen var alla virkesordrar där Holmen Skog var befraftare med första inmätning registrerad mellan 2008-10-01 och 2010-09-30. I GIS programmet ArcGis fick varje virkesorder vägdatabas för det vägvagnsnitt som låg närmast virkesorderns koordinater. Detta steg innebar att för varje virkesorder fanns tillgänglighetsklass angivet. Via verktyget *spatial join* kopplades varje virkesorderskoordinat till det transportområde det befann sig inom. Dessa två steg innebar att för varje transportområde fanns volymer fördelade på både tid och tillgänglighetsklass vilket möjliggjorde nästa steg i analysen. Den angivna tiden är tidpunkten för första inmätningen på virkesordern.

### 2.4. Vägtillgänglighetsdata

SNVDB är förkortningen för *Skoglig nationell vägdatabas*. SNVDB är skogsbrukets version av NVDB (Nationell vägdatabas) som är en databas innehållande vägnät med ett flertal attribut kopplade till vägsträckor. Tanken är att hela Sveriges vägnät ska vara representerat i SNVDB men så är inte fallet än. Trafikverket är huvudman för databasen men skogsindustrin är delaktig och ansvarar för inleveranser av data gällande egna vägar och enskilda skogsvägar (Anon. 2010b). Det viktigaste attributet i SNVDB är för denna studies del tillgänglighetsklass. Tillgänglighetsklass speglar kvalitet/bärighet på vägen. Klassificeringen baseras på en bedömning av vilken tid på året vägen är tillgänglig för ett fordon med axel/boggitryck 10/18 ton och bruttovikt 60 ton (Anon. 2011a). Indelningen förklaras i tabell 1.

**Tabell 1.** Förklaring av tillgänglighetsklasserna i SNVDB  
*Table 1. Explanation of the accessibility classes used in SNVDB*

Tillgänglighetsklass	Tillgänglighetstid
1 (Klass A)	Tillgänglig hela året
2 (Klass B)	Ej tillgänglig under svår tjällossning
3 (Klass C)	Ej tillgänglig under tjällossning och perioder med ihållande regn
4 (Klass D)	Farbar i huvudsak vintertid

Som Granlund (2006) poängterar i sin rapport är nyttan av CTI på strukturellt starka vägar liten utan det är på svaga vägar som nyttan är störst. I denna studie räknades vägar med tillgänglighet 1 och 2 som strukturellt starka vägar och vägar med tillgänglighet 3 och 4 räknades som svaga vägar. Tillgänglighetsklass 2 innebär definitionsmässigt att den inte är tjälsäker men den räknas ändå som bra väg för skogsbruket.

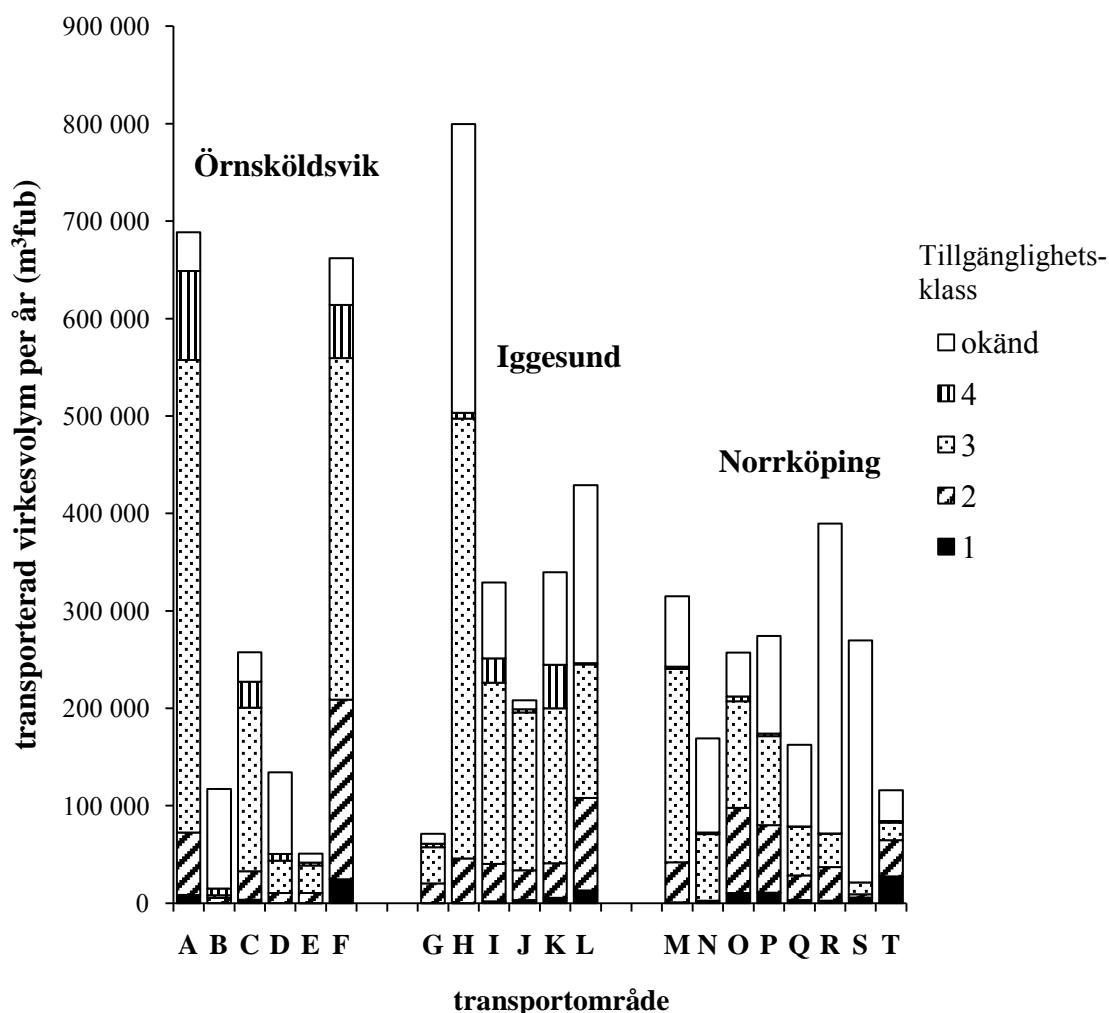
### 2.5. Temperaturdata

Regnperioder som resulterar i känsliga vägar är svåra att bestämma i tid, det är även svårt att avgränsa vid vilken nederbörd som vägar påverkas. Tjällossningen förekommer mer regelbundet och efter ett mönster som gör det lättare att beräkna när den inträffar. Därför användes endast tjällossningsperioden i studien. Ett objektivt sätt att skatta tidpunkten för tjällossningen behövdes. SMHIs (Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut) temperaturdata bedömdes vara det bästa för ändamålet. SMHI har mätstationer fördelade över hela landet som utför dagliga mätningar. En temperaturmätstation centralt belägen i varje transportområde valdes ut och månadsmedeltemperaturer för dessa stationer erhöles

för tiden oktober 2008 till september 2010. Mätvärdet från mätstationerna fick representera hela transportområdet. Vinterperioden antogs vara de månader då medeltemperaturen var under 0°C. Som tjällossningsperiod användes årets första månad (4,5 v) med plusgrader i medeltemperatur.

### 3.RESULTAT

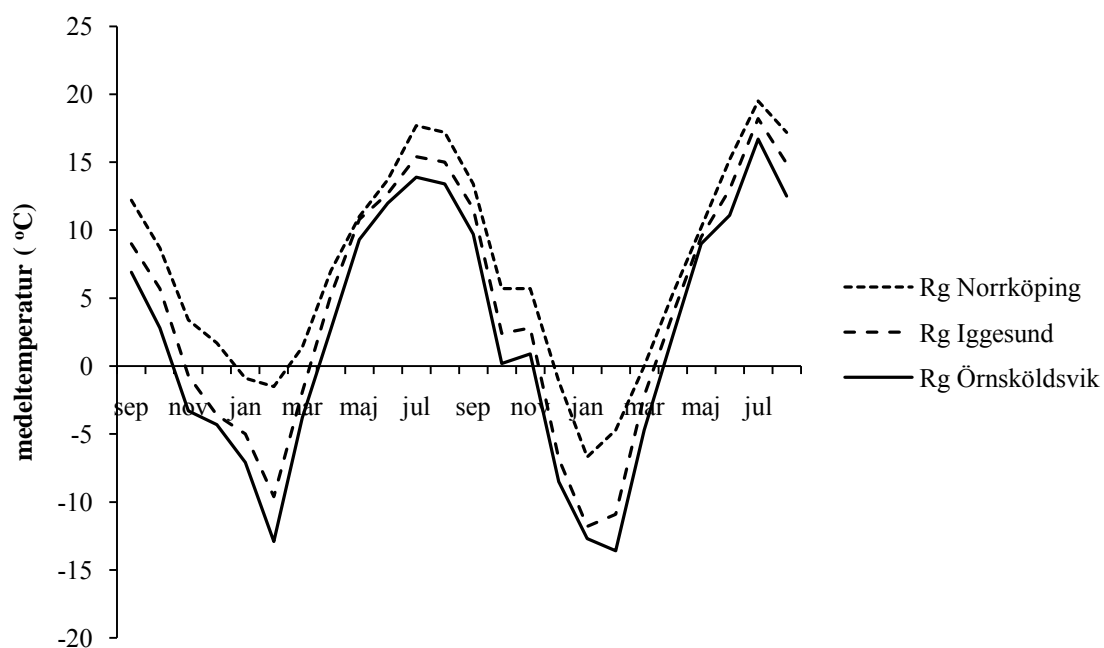
De transporterade virkesvolymerna under den undersökta perioden kom från vägar med olika tillgänglighetsklasser enligt figur 3. En stor del av virkesvolymerna kom från okänd vägklass och en väldigt liten del kom från klass 1.



**Figur 3.** Årliga transporterade virkesvolym per transportområde fördelade efter tillgänglighetsklass.

*Figure 3.* Annual transported wood volume for each transport area distributed by road accessibility class.

Tjällossningsmånaden enligt metoden visade sig vara april för de flesta områden, undantaget några områden i Region Norrköping där det var mars. Figur 4 illustrerar månadstemperaturer för ett utvalt transportområde per region. Figuren visar en tydlig temperaturgradient från norr till syd och tidpunkten när medeltemperaturen går från plus- till minusgrader syns tydligt.



**Figur 4.** Månadsmedeltemperatur för ett representativt transportområde inom varje region för åren 2008 till 2010.

*Figure 4. Monthly average temperature for one selected transport area per region for the years 2008 until 2010.*

Virkesvolymerna som transporterades från vägar med tillgänglighetsklass 3 och 4 under tjällossningsperioden redovisas i tabell 2.

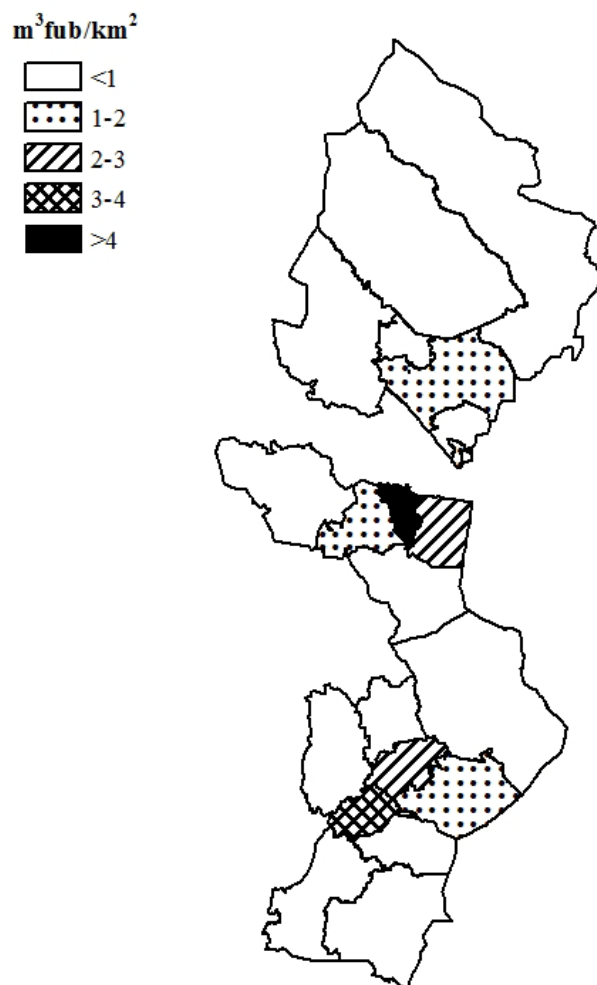


**Tabell 2.** Årliga transporterade virkesvolymen under tjällossningsperioden från vägar med tillgänglighetsklass 3 och 4

*Table 2. Annual transported wood volumes during the spring thaw period over roads with accessibility class 3 and 4*

<b>Region</b>	<b>TO</b>	<b>Virkesvolym (m<sup>3</sup>fub)</b>
Örnsköldsvik	A	39 000
	B	120
	C	8 700
	D	2 200
	E	1 800
	F	23 000
Iggesund	G	880
	H	37 000
	I	13 000
	J	8 500
	K	8 500
	L	9 700
Norrköping	M	17 000
	N	3 500
	O	9 000
	P	11 000
	Q	3 600
	R	1 900
	S	340
	T	1 200

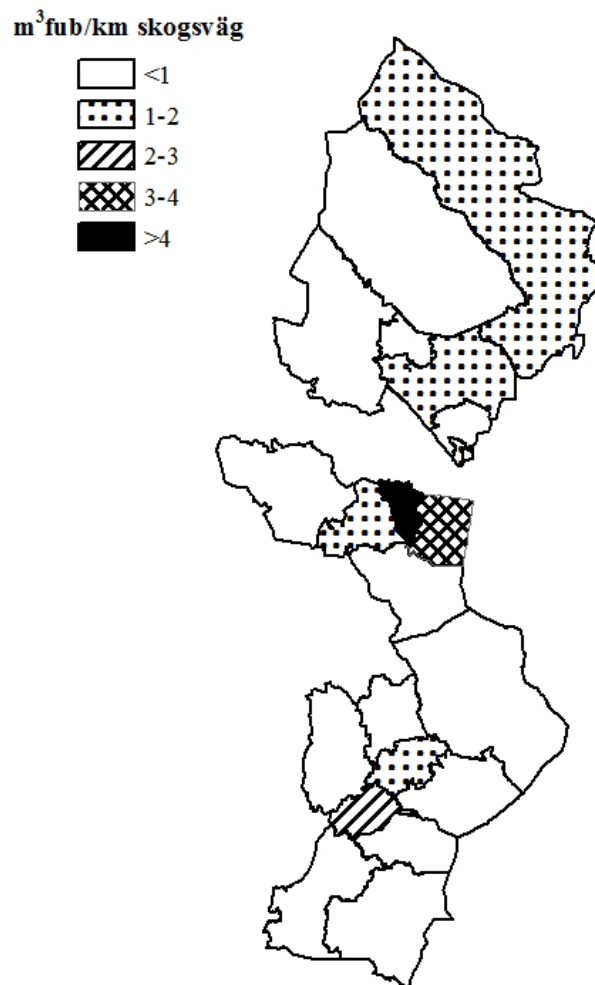
Enligt resultatet i tabell 2 är det transportområde A, H och F som har klart störst virkesvolymen från svaga vägar under tjällossningen och det är där som CTI fordon främst bör lokaliseras. Områden med transporter av små virkesvolymen som B och S är inte lämpade för en upphandling av CTI-bilar. Skillnaderna i transportvolymen mellan områdena är stora, delvis beroende på områdenas storlek. Vid en eventuell omorganisation av transporter skulle två eller flera angränsande transportområden med liknande förhållanden kunna slås ihop. Detta för att ett stort underlag med virkesvolymen lämpade för transport med CTI-bil skulle erhållas. Angränsande områden med transport av virkesvolymen från svaga vägar i liknande omfattning i förhållande till sin storlek skulle kunna behandlas som ett stort transportområde. För att undersöka detta dividerades de transporterade virkesvolymerna i tabell 2 med transportområdets areal. Resultatet illustreras i figur 5.



**Figur 5.** Transporterade virkesvolymen från vägar med tillgänglighetsklass 3 och 4 under tjällossningsperioden dividerat med transportområdets areal ( $m^3 \text{ fub}/km^2$ ).

*Figure 5.* Transported wood volumes over roads with accessibility class 3 and 4 during spring thaw period for every transport area divided by the surface area ( $m^3 \text{ solid under bark}/km^2$ ).

Som framgår i figur 5 finns ett geografiskt samband mellan områdena med stora virkesvolymen från svaga vägar under tjällossningsperioden i förhållande till sin storlek ( $m^3 \text{ fub}/km^2$ ); flera angränsar varandra. En CTI-bil lokaliserad i ett av de områdena skulle ha stor potential att även kunna nyttjas i de angränsande områdena. Mängden väg inom ett område kan också vara ett bra beskrivande mått för geografiska förutsättningar. Figur 6 visar geografiska samband i transporterade virkesvolymen från svaga vägar genom att använda mängden väg (km) istället för yta ( $km^2$ ) inom transportområdena.

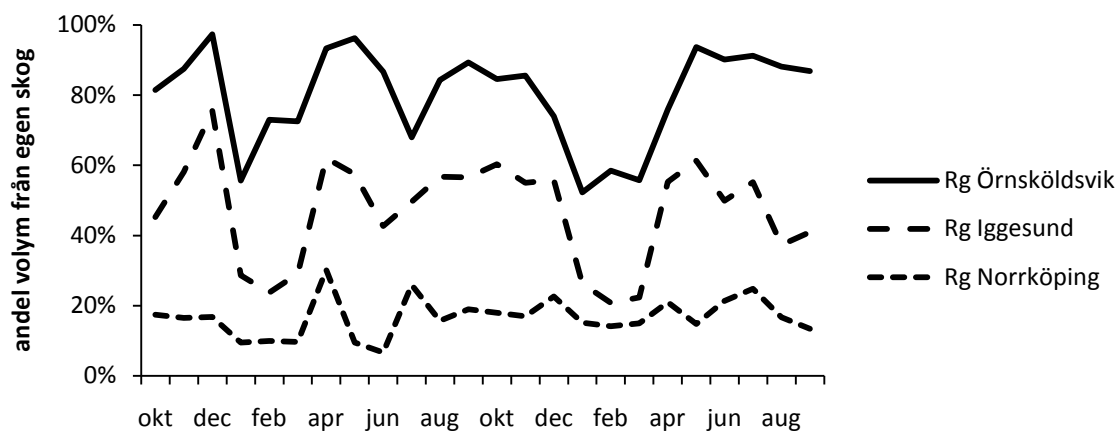


**Figur 6.** Transporterade virkesvolymerna från vägar med tillgänglighetsklass 3 och 4 under tjällossningsperioden dividerat med sammanlagd skogsväglängd inom varje transportområde (m<sup>3</sup> fub/km).

*Figure 6.* Transported wood volumes over roads with accessibility class 3 and 4 during spring thaw period divided by total amount of forest roads within each transport area (m<sup>3</sup> solid under bark/km).

Den större mängden skogsväg i de sydligaste områdena medför att de transporterade virkesvolymerna är lägre i förhållande till mängden väg (m<sup>3</sup> fub/km) än till total areal (m<sup>3</sup> fub/km<sup>2</sup>). En viss skillnad ses även i de nordligare områdena. Det område som hade högst transporterade virkesvolymerna i förhållande till sin storlek har det även i förhållande till mängden skogsväg inom området.

Virkesvolymernas ursprung fördelades mellan lokala köp och egen skog under den undersökta perioden enligt figur 7. En tydlig minskning i andelen egen skog syns under tiden januari till mars och en tydlig ökning av andelen egen skog under april.



**Figur 7.** Månadsvis andel av transporterade virkesvolym med ursprung från egen skog inom varje region åren 2008 till 2010.

*Figure 7. Proportion of monthly wood volume originating from Holmen's own holdings during the years 2008 until 2010.*

## 4. DISKUSSION

### 4.1. Utvärdering av material och metod

Under arbetets gång har ett flertal olika modeller och metoder utvärderats för att utreda var den potentiella nyttan av CTI-tekniken skulle vara störst. Det grundläggande resonemanget som alla diskussionerna kretsade runt var att där det förekommer transport av stora virkesvolymmer på dåliga vägar vid en olämplig tidpunkt är nyttan/behovet av CTI störst. Med olämplig tidpunkt menas tjällossnings och regnperioder då virkestransporter inte bör utföras på vägar med låg bärighet. När en metod skulle utformas för att besvara frågeställningen fanns det alltid ett moment som omöjliggjorde de flesta analyser. Effekten av CTI på marktryck, spårdjup och vibrationer finns studerat och dokumenterat (Granlund, 2006). Det finns dock inget sätt att avgöra vid vilket tillstånd en väg är framkomlig endast med en CTI-bil, när det tillståndet inträffar och hur länge tillståndet varar. Valet av metod föll slutligen på en indirekt metod för att uppskatta var det fanns bäst förutsättningar för en stor nytta av CTI.

Metoden som använts har baserats på verkliga transporterade virkesvolymmer från hela Holmen Skogs verksamhetsområde. Detta har möjliggjort en översiktlig analys över ett stort geografiskt område men även medfört att detaljerade uppgifter som kan tänkas påverka användningen av CTI inte använts. Exempel på detaljerade uppgifter som kunde ha använts med en mer högupplöst modell är lokal nederbördsdata, jordartsfördelning och differentierad tjällossningslängd. Då syftet med studien var att prioritera vilka transportområden som var mest lämpade för en upphandling av CTI-bilskapacitet, var en storskalig analys nödvändig. Detta beroende på att området som skulle innefattas i studien var stort. Detaljerade modeller över stora områden blir väldigt datakrävande och studietiden bedömdes för kort för att hantera detta. Exempelvis skapade Enström (2005) en optimeringsmodell utifrån SNVDB och en tioårig avverkningsplan för att dimensionera antalet CTI-bilar inom ett distrikt. Denna modell blev för omfattande för att kunna tillämpas på hela det tänkta distriktet utan tillämpades på en tredjedel av distriktet. Med tanke på det stora geografiska området som studien berörde var det nödvändigt att arbeta med en enkel och storskalig modell.

En nackdel med den valda upplösningen var att den potentiella vinsten vid användning av CTI-bilar för virkestransporter över BK 2- och BK 3 vägar inte kunde beräknas. En sammanställning av de virkesordrar där det var angivet att transporten skulle passera en BK 2 eller BK 3 sträcka var möjlig att genomföra. För att det ska finnas en potentiell besparingsvinst måste BK 2 eller BK 3 sträckan som transporten passerat vara godkänd för transporter med fullastade CTI-bilar. Utan ett vägval knutet till varje virkesorder fanns ingen information om vilka vägar som använts och därmed kan ingen besparingspotential beräknas. Det som kan sägas är att transportområde A och F både har stora virkesvolymmer med BK 2 eller BK 3 angivet i virkesordern och många vägar godkända för fullastade CTI-bilar. Detta faktum förstärker resultatet att transportområde A och F bör prioriteras vid upphandling av CTI-bilskapacitet.

Tjällossningsperioden orsakar stora problem med skogsvägnätet och den är relativt lätt att uppskatta. Regnperioder däremot kan dock i dagsläget inte lokaliseras på ett objektivt sätt, varken i rum eller tid och speciellt inte över ett stort geografiskt område. De områden som har störst behov av CTI under tjällossningsperioden borde även ha störst behov under

regnperioder. Kan inte de svaga vägarna undvikas under tjällossningen borde de inte heller kunna undvikas under regnperioder. Stora transporterade virkesvolymerna på dessa vägar under känsliga perioder indikerar att mängden vägar med hög tillgänglighetsklass är för låg och således skulle nyttan av CTI-tekniken vara stor.

Tillgänglighetsklassen som varje virkesorder fått från SNVDB grundar sig på antagandet att standarden på en väg sjunker ju längre bort från en huvudväg den befinner sig och lägsta tillgängligheten har följaktligen den sista vägsektionen i ett vägsystem. I studien har förutsatts att virkesbilen som utfört transporten inte kört längre än till virkesavlägget och detta innebär att vägsektionen vid varje avlägg är den som begränsar tillgängligheten. Den svagaste punkten i det data som använts är klassificeringen i SNVDB. Till att börja med så saknar en stor del av vägarna attributet tillgänglighetsklass, detta gäller främst privata vägar. Totalt saknas tillgänglighetsklass för 33% av virkesvolymerna som kartlagts i studien (46% av volymerna från lokala köp och 18% av volymerna från egen skog). Denna felkälla påverkar naturligtvis resultatet och störst blir påverkan i Region Norrköping där andelen virke från lokala köp är störst. Olika antaganden om vägar med saknad tillgänglighetsklass kan göras. Ett antagande är att fördelningen av tillgänglighetsklass är samma för de vägarna som för de med angiven tillgänglighetsklass. Detta skulle innebära att virkesvolymerna på de okända vägarna skulle fördelas jämnt över de andra klasserna. Resultatet av detta skulle bli att de transporterade volymerna från vägar med tillgänglighetsklass 3 och 4 under tjällossningsperioden skulle öka. Ett annat antagande är att vägarna med okänd tillgänglighetsklass är småvägar som sällan används och på grund av detta inte fått tillgänglighetsklass registrerat. Majoriteten av dessa småvägar håller troligtvis låg standard och skulle klassas som tillgänglighetsklass 3 och 4. Vissa områden har uppemot 75% virkesvolym längs vägar där tillgänglighetsklass saknas. Den transporterade virkesvolymen från tillgänglighetsklass 3 och 4 under tjällossningen från dessa områden skulle troligtvis vara stor. Därmed skulle de bli högt prioriterade för en upphandling av CTI-bilskapacitet om de hade rätt angiven tillgänglighetsklass. De två antaganden som gjorts pekar på två möjliga sätt att behandla virkesvolymerna med saknad tillgänglighetsklass. Det kan även vara så att de oklassificerade vägarna håller hög kvalitet men har helt enkelt inte fått tillgänglighetsklass registrerad. För att dra skarpa slutsatser om vägarna med saknad tillgänglighetsklass kunde ett slumpmässigt urval av vägarna göras för att besökas i fält för en klassificering. En sådan undersökning skulle visa på en fördelning av tillgänglighetsklasser hos vägarna som idag saknar tillgänglighetsklass. Då inget säkert kan sägas om virkesvolymerna från vägar utan angiven tillgänglighetsklass användes inte dessa i beräkningarna.

De vägar som har tillgänglighetsklass angiven är inte objektivt klassificerade och inte kvalitetssäkrade. Stridsman (2006) undersökte kvaliteten på vägdata i SNVDB för Holmens räkning i sitt examensarbete. Hon konstaterade att 50% av vägarna hade en felaktig tillgänglighetsklass. Denna osäkerhet hade en förskjutning mot lägre tillgänglighetsklass än angivet men det fanns även några vägar med högre tillgänglighetsklass än angivet. Denna osäkerhet kan innebära att de vägar med tillgänglighetsklass 3 och 4 som användes under tjällossningen kan vara de vägar som är bättre i verkligheten. De vägar med tillgänglighetsklass 1 och 2 som använts under tjällossningen skulle också kunna ha en lägre egentlig tillgänglighetsklass. Effekterna av osäkerheten i tillgänglighetsklassningen är därmed svårbedömd då den kan påverka resultatet i två riktningar.

Renström påvisade i sitt examensarbete att vid tjällossning och perioder med svag tillgänglighet till skogsbilvägnätet sker en förskjutning av avverkningar från privat skog till egen skog (Renström, 2008). Denna förskjutning sker för att undvika skador på det privata vägnätet, något som kan få flera negativa följder. Som figur 7 visar, sker en kraftig förskjutning av virkesvolymernas ursprung från lokala köp till egen skog under den månad som räknats som tjällossningsperiod i detta arbete. Detta är ett tecken på att månaden som använts som tjällossningsperiod är den period då tjällossningen verkligen inträffade.

Under förarbetet till studien var olika tjällossningslängder tänkbara att använda i studien. Tidigare studier har använt andra längder på tjällossningen. Enström (2005) använde en tjällossningsperiod på fem eller sex veckor (två scenarion). Olsson (2004) använder tre, sex och nio veckor som tjällossningsperioder i sin doktorsavhandling. En månad (4,5 v) bedömdes som en lämplig tjällossningsperiod för denna studie. Tillräckligt lång för att täcka den mest kritiska perioden i norr och inte så lång att den är orimligt lång för de södra områdena. Det är förhållandet mellan transporterade virkesvolymerna inom de olika transportområdena som avgör vilka områden som bör prioriteras före andra områden vid upphandling av CTI-bils kapacitet. Denna inbördes prioritering påverkas i liten utsträckning av någon veckas kortare eller längre tjällossningsperiod. Därför valdes just en månads tjällossningsperiod.

#### ***4.2.Dimensionering av andelen CTI-bilar***

Inga tidigare arbeten har arbetat med geografisk prioritering av CTI-bilar. Däremot finns två examensarbeten där det beräknats lämplig dimensionering av antalet CTI-bilar inom ett område givet lokala förutsättningar. Enström (2005) beräknade att 10% av vägarna i det studerade distriktet hade tillgänglighetsklass 1 (tjälssäker) och använde denna siffra i sitt arbete. Resultatet av Enströms (2005) arbete blev en rekommendation att 30% av virkesbilarna inom det studerade området i Dalarna borde utrustas med CTI. Som visas i figur 3 har alla transportområden utom ett i denna studie 0% till 4% av virkesvolymerna vid en väg med tillgänglighetsklass 1 (tjälssäker). Detta är en stor skillnad i förutsättningar och resultatet av Enströms dimensionering skulle bli annorlunda med den lägre siffran för tillgängliga virkesvolymerna. Om Enströms modell skulle tillämpas med ingångsvärdet på virkesvolym vid tjälssäker väg som framkommit i denna studie borde resultatet bli att fler virkesbilar skulle utrustas med CTI inom Enströms studerade distrikt.

En alternativ enkel dimensionering skulle kunna utgå från hur stor andel av de totalt transporterade virkesvolymerna under tjällossningsperioden som utgörs av virkesvolymerna från tillgänglighetsklass 3. För transportområde A är andelen 37%, område F 37% och för område H 67%. Antaget att detta är den värsta perioden under året skulle antalet CTI-bilar i området motsvara denna andel av fordonsflottan. För område A och F skulle detta motsvara att 37% av de ungefär 17 bilar som finns inom respektive område idag (Bergdahl 2011, pers. komm.) borde vara utrustade med CTI. Sex bilar vardera i områdena A och F vore alltså lämplig dimensionering.

En annan alternativ dimensionering kunde utgå från transportkapacitet för en CTI-bil under en tjällossningsperiod. Förutsätts att virkesvolymerna från tillgänglighetsklass 3 som transporterats under tjällossningsmånaden borde transporterats med CTI-bilar kan antalet CTI-bilar som krävs för detta beräknas. Utifrån medeltransportavstånden för transportområdena borde en månadsprestation för en CTI-bil vara 3190 m<sup>3</sup> fub i område A,

3310 m<sup>3</sup>fub i område F och 3150 m<sup>3</sup>fub i område H. Denna månadsprestation innebär att område A borde ha 9 bilar, område F 5 bilar och område H 11 bilar utrustade med CTI för att kunna utföra de ovan nämnda transporterna.

Åkerlund (2006) rekommenderade med de förhållanden som gällde 2005 för Holmen Skogs distrikt Björna och Bredbyn att antalet CTI-bilar kunde vara en bil per 300 000 m<sup>3</sup>fub levererad virkesvolym per år. För område A, F och H innebär denna rekommendation att lämpligt antal CTI-bilar inom respektive område är 2 stycken. Slutsatsen av de olika dimensioneringsalternativen är att ett intervall för lämpligt antal CTI-bilar inom område A är 2 till 9 bilar, område F 2 till 6 bilar och område H 2 till 11 bilar.

### ***4.3.Potentiella vinster med CTI***

Kostnaden för investering i CTI-system kan uppskattas precist men vinsterna är svårare att beräkna. Investeringen kan däremot relateras till olika tänkbara vinster. Några effekter av låg tillgänglighet till skogsvägnätet är kvalitetsförluster på virke som en följd av lagring, terminalkostnader för lagring och vägreparationer. En jämförelse mellan olika tänkbara kostnader och en CTI-investering ger proportionerna av nyttan med CTI. Enligt Granlund (2006) ligger den högsta kostnaden för en CTI-utrustning på 220 000 kr. Den tydligaste kostnaden för kvalitetsförlust är den som uppstår när virke klassas ned på grund av blånadsangrepp och torka beroende på att virket lagrats länge. Dessa kvalitetsförluster kan framför allt uppstå under tjällossningen då virke blir otillgängligt på grund av bristande bärighet på vägnätet. Den omedelbara kostnaden framkommer vid inmätningstillfället då det tänkta sortimentet mäts in som ett annat. En ungefärlig kostnad för nedklassning till barrmassaved från granmassaved är 12 kr/m<sup>3</sup>fub och från talltimmer 130 kr/m<sup>3</sup>fub (Anon. 2011b). Kostnaden för kvalitetsförluster motsvarande kostnaden för en CTI-utrustning är därmed nedklassning av 18 000 m<sup>3</sup>fub granmassaved respektive 1 700 m<sup>3</sup>fub talltimmer till barrmassaved. Kan denna virkesvolym transporteras med CTI-utrustade virkesbilar och därmed undgå nedklassning är investeringen lönsam utan hänsyn tagen till de andra positiva effekterna med systemet.

Virke kan transporteras från vägar med låg tillgänglighetsklass under tjällossningen med vanliga virkesbilar med skador på vägnätet som följd. Dessa vägar behöver oftast ett lager grus för att bli återställda. Vanligt material att använda är krossmaterial i storlek 0-40 mm. Ett ungefärligt pris per kubikmeter för krossmaterial med fraktionerna 0-40 mm utkört på en grusväg 5 mil från krossanläggning i Västernorrland är 240 kr/m<sup>3</sup> (Anon. 2011c). Kostnaden för en CTI-utrustning motsvarar kostnaden för 920 m<sup>3</sup> bergkross, en grusmängd som räcker till ungefär 2 km väg. Förutsätts en terminalkostnad för hantering och terminalyta på 20 kr per m<sup>3</sup>fub behöver 11 000 m<sup>3</sup>fub direkttransporteras till industri utan terminallagring för att tjäna in CTI-systemet.

En effekt som är svår att värdera är den ökade säkerheten i leveranser som användning av CTI innebär. Två av Holmen Skogs regioner är försörjningsansvariga för egna industrier och detta ansvar innebär höga krav på leveransprecision samt krav på flexibilitet. CTI-bilar innebär en ökad trygghet och säkerhet i leveranserna. Nyttan av detta kan vara särskilt stor i områden med hög andel virke från lokala köp där möjligheten att använda den egna skogen som en säkerhet inte finns.



En orsak till att CTI-systemet inte används i större utsträckning än vad det gör idag kan vara det sätt som olika kostnader hanteras. Kostnaderna vid en upphandling av CTI-bilar drabbar transportorganisationen medan kostnaderna av exempelvis skador på privata vägar drabbar virkesköpsorganisationen. Kvalitetsförlusterna som uppstår vid lagring av virke drabbar industrin. Detta kan vara en orsak till att CTI-tekniken inte används mer än vad den gör i dagsläget då investeringen varit svår att motivera när alla kostnadsbesparingar inte framträder på ett ställe.

Diskussioner och räkneexempel inom branschen och jägmästarutbildningen visar att den största potentiella vinsten med CTI är de minskade vägupprustningar som systemet medför. Upprustning av skogsvägar till den standard som krävs för det säkra och flexibla virkesflödet som skogsindustrin kommer att kräva i framtiden är väldigt kostsamma. Kan upprustningar undvikas genom användandet av CTI-utrustade virkesbilar finns mycket pengar att spara. Ingen offentligt publicerad dokumentation finns dock i ämnet ännu.

#### ***4.4.Forskning nu och i framtiden***

Effekterna av CTI användning borde analyseras utifrån ett helhetsperspektiv då en storskalig användning av systemet ger flera effekter som är svåra att beräkna var för sig. Flöden, planering och vägupprustning påverkas av en användning av CTI-systemet. Det pågår studier för att beräkna optimala flöden och fördelning av vägstandard inom ett geografiskt område. Skogforsks projekt *Vägrust* utgår från en taktisk tioårig avverkningsplan, befintligt vägnät och leveransplan för ett avgränsat geografiskt område inom ett företag. Programmet optimerar vägstandard och upprustningar av olika vägsträckor och beräknar optimal vägstandard på vägnätet. Programmet kan optimera flöden och upprustningar med och utan användning av CTI-teknik (Flisberg et al., 2010). Detta är i dagsläget det närmaste en analys av de egentliga effekterna av CTI som kan åstadkommas. Den stora svagheten är fortfarande att ingen kan besvara exakt när en väg kan användas bara av CTI-bilar men inte av vanliga virkesbilar.

Skogsbrukets krav på flexibilitet och leveransprecision av virke kommer i framtiden innebära att tillgängligheten till det skogliga vägnätet måste öka. CTI är ett system som åstadkommer en sådan ökad tillgänglighet men i vilken utsträckning är fortfarande osäkert. Alla analyser gällande det skogliga vägnätet blir bristfälliga på grund av den låga kvaliteten på den data som finns om vägnätet. Ska resultaten från stora optimeringar som *Vägrust* vara tillförlitliga och en mer detaljerad planeringsnivå av avverkningar uppnås måste kvaliteten på data om skogsbilvägnätet höjas. För att långsiktigt höja kvaliteten på data om skogsbilvägnätet bör en objektiv och användbar klassificering av vägsträckor utvecklas.

#### ***4.5.Slutsatser***

- CTI-systemet har störst positiv effekt vid virkestransporter på vägar med låg bärighet under tjällossningsperioder. Den utvecklade och testade metoden baseras på en summering av transporterade virkesvolymen från sådana vägar under tjällossningsperioden. Där stora virkesvolymen transporterats på detta sätt bör den potentiella nyttan av CTI-bilar vara störst.
- Transportområdena A och F i Region Örnsköldsvik samt transportområde H i Region Iggesund är de områden som borde prioriteras högst för en upphandling av CTI-utrustad virkesbilskapacitet enligt den använda metoden.

## REFERENSER

- Anon. (2007), *Vägverkets föreskrifter om färd med fordon med variabelt däckstryck*, Vägverkets författningssamling 2007:3
- Anon. (2010a), Holmen Skog, Hemsida [online] (2010-12-10) Tillgänglig: [www.holmenskog.se](http://www.holmenskog.se) [2010-12-10]
- Anon. (2010b), Trafiktverkets informationssida om NVDB, Hemsida [online] (2010-12-10) Tillgänglig: [www22.vv.se/nvdb2\\_templates/default\\_\\_\\_36975.aspx](http://www22.vv.se/nvdb2_templates/default___36975.aspx) [2010-12-10]
- Anon. (2011a), *NVDB - specifikation av innehåll – företeelsetyper*, Hemsida [online] (2011-02-01) Tillgänglig: [www22.vv.se/filer/68850/NVDB%20-%20Specifikation%20av%20innehåll%20-%20Företeelsetyper%20v%205.5.pdf](http://www22.vv.se/filer/68850/NVDB%20-%20Specifikation%20av%20innehåll%20-%20Företeelsetyper%20v%205.5.pdf) [2011-02-01]
- Anon. (2011b), Holmen Skog, prislista Västernorrland/Jämtland, Hemsida [online] (2011-02-01) Tillgänglig: [www.holmenskog.se/Main.aspx?ID=87011526-bf4c-4753-af7c-55cc187954ff](http://www.holmenskog.se/Main.aspx?ID=87011526-bf4c-4753-af7c-55cc187954ff) [2011-02-01]
- Anon. (2011c), Altins Trafik AB, Hemsida [online] (2011-02-01) Tillgänglig: [www.altintrafik.se/default.asp?HeadPage=375&Materialf%F6rs%E4ljning](http://www.altintrafik.se/default.asp?HeadPage=375&Materialf%F6rs%E4ljning) [2011-02-01]
- Enström, J. (2005), *Lämplig avvägning mellan investeringar i CTI-teknik och lagerhållning av virke för skogsindustrin*, examensarbete, Linköpings tekniska högskola.
- Flisberg, P, Frisk, M, Rönnqvist, M (2010) *Planning harvest activities and forest road investments, I: Forest operations research in the Nordic Baltic region*. Proceedings of the 2010 OSCAR conference held in Honne, Norway, October 20-22, 2010 s. 42
- Granlund, P (2006), *CTI på virkesfordon*, Skogforsk, Uppsala, redogörelse 2006:3
- Myers, J , Richards, E W (2003) *Supporting wood supply chain decisions with simulation for a mill in Northwestern BC*. INFOR; Information systems and operational research vol 41, nr 3.
- Olsson, L (2004), *Dator beräknar snabbt vilka vägar som bör rustas upp*, SLU, Umeå, Fakta skog nr 9, ISSN 1400-7789
- Renström, J (2008), *Säsongsvis avverkning - Det operativa traktvalets påverkan på den säsongsmässiga uthålligheten i ett bolagsdistrikts traktbank*, SLU, Institutionen för skoglig resurshushållning, Umeå, Arbetsrapport 214,
- Stridsman, A (2006), *Kvalitet på vägdata – inventering av skogsbilvägars standard samt jämförelser med lokal bedömning och SNVDB*, SLU, Umeå, Studentuppsatser skogsteknologi nr 85.
- Åkerlund, M (2006), *Utvärdering av CTI på virkesfordon*, SLU, Umeå, Studentuppsatser skogsteknologi nr 87.

### **Muntliga referenser**

Anton Bergdahl, 2011, Transportchef Holmen Skog, region Örnsköldsvik