



## Skotningsarbete i gallring med avseende på körning i arbetet

*Forest hauling in thinning regarding the proportion of  
driving in hauling*



Foto: Ulla-Carin Ekblom

**Carl Segersson & Victor Spjut**

Sveriges Lantbruksuniversitet

Institutionen för skogens ekologi och skötsel

Kandidatarbete i skogsvetenskap, 15 hp,

Handledare: Tomas Nordfjell, SLU, Inst för skogens biomaterial och teknologi

Bitr handledare: Daniel Högvall, Holmen Skog AB

Examinator: Tommy Mörling, SLU, Inst för skogens ekologi och skötsel

Program: Jägmästarprogrammet

Kurs: EX0592 Nivå: G2E

Umeå 2016



# Kandidatarbeten i Skogsvetenskap

Fakulteten för skogsvetenskap

Sveriges lantbruksuniversitet

Enhet/Unit	Institutionen för skogens ekologi och skötsel/ <i>Department of Forest ecology and management</i>
Författare/Author	Carl Segersson & Victor Spjut
Titel, Sv	Skotning i gallring med avseende på körning i arbetet
Titel, Eng	<i>Forest hauling in thinning regarding the proportion of driving in hauling</i>
Nyckelord/ Keywords	Arbetsmoment, Tidsåtgång, Produktionsnorm, Produktivitet/ Forwarding operation, Time consumed, Production standard, Productivity
Handledare/Supervisor	Tomas Nordfjell, Inst. för skogens biomaterial och teknologi Daniel Högvall, Holmen Skog AB
Examinator/Examiner	Tommy Mörling Institutionen för skogens ekologi och skötsel/ <i>Department of Forest Ecology and Management</i>
Kurstitel/Course	Kandidatarbete i skogsvetenskap Bachelor Degree in Forest Science
Kurskod	EX0592
Program	Jägmästarprogrammet
Omfattning på arbetet	15 hp
Nivå och fördjupning på arbetet	G2E
Utgivningsort	Umeå
Utgivningsår	2016

# FÖRORD

Kandidatarbetet genomfördes under våren 2016 på uppdrag av Holmen Skog AB. Arbetet omfattar 15 högskolepoäng på C-nivå inom skogsvetenskap på Jägmästarprogrammet.

Vi vill rikta ett stort tack till vår handledare Tomas Nordfjell, professor vid institutionen för skogens biomaterial och teknologi, som funnits tillgänglig under arbetets gång med snabb feedback. Vi vill även tacka Daniel Högvall och Robert Johansson på Holmen Skog för data och hjälp under arbetets gång.

Umeå, april 2016

Carl Segerson och Victor Spjut

## SAMMANFATTNING

Skogsbruket står under ständig effektivisering inom olika områden för att öka produktiviteten. Holmen Skog är inget undantag i det sammanhanget och har under senare tid varit funderad över hur utvecklingen har sett ut på skotningsfronten i gallring. Arbetet har därför kretsat kring hur tidsåtgången i de olika arbetsmomenten för skotning har utvecklats över tiden. Hypotesen i arbetet var att arbetsmomenten lastning och lossning har utvecklats i större utsträckning än körmomenten. Arbetet har baserats på litteraturstudier. Fyra produktionsnormer har studerats, samt att en jämförelse mellan fälldata från en skotare och den produktionsnorm som Holmen Skog använder som bortsättningsunderlag. Resultatet indikerar att hypotesen stämmer, körningsmomentet tar en större andel av arbetet idag än det gjorde för 30 år sedan. Det är många faktorer som spelar in i tiden det tar att transportera ut virket ur skogen. Det kanske är lättare att effektivisera körningsmomentet genom bättre drivningsplanering snarare än maskinutveckling. En effektivisering av körningsmomentet ger dock inte speciellt stor inverkan på totalproduktionen då det krävs en stor hastighetsökning samt relativt långa skotningsavstånd innan det ger signifikanta utslag på totalproduktionen.

Nyckelord: Arbetsmoment, Tidsåtgång, Produktionsnorm, Produktivitet

## SUMMARY

Forestry is constantly trying to become more efficient in different areas to enhance productivity. Holmen Skog is no exception in this regard and has recently started wonder how forest hauling has evolved within thinning felling's. This study has revolved around how the time spent in various operations for forest hauling has evolved over time. The hypothesis in this study has been that a loading and unloading operation has evolved in a greater extent than driving operations. The study is based on a literature study. Four productivity standards have been studied, as well as a comparison of field data from a forwarder and the productivity standard Holmen Skog uses as payment basis. The result indicates that the hypothesis is accurate, driving operations require a larger proportion of the total time used in forest hauling operation today compared to what it did 30 years ago. There are many factors involved in the time required for hauling the lumber out of the forest. It might be that it is easier to make the driving operation more efficient through better planning rather than machine development. A streamlining of the driving operations, however, doesn't have a particularly big impact on the total hauling time due to the requirement of such a big speed increase and long hauling distances before it shows a significant decrease on total hauling time.

Keywords: Forwarding operation, Time consumed, Production standard, Productivity,

# **INNEHÅLLSFÖRTECKNING**

**Förord**

**Sammanfattning**

**Abstract**

**Innehållsförteckning**

## **1. INLENING**

**1.1 Bakgrund**

**1.2 Produktionsnormer**

**1.3 Drivningsplanering bidragande faktor för tidsåtgången**

**1.4 Syfte**

**1.5 Hypotes**

## **2. MATERIAL OCH METOD**

**2.1 Studieupplägg**

**2.2 Jämförande av produktionsnormer**

**2.3 Studerande av skotare**

**2.4 Val av produktionsnorm**

## **3. RESULTAT**

**3.1 Jämförande av produktionsnormer**

**3.2 Analys av TimberLink jämfört med produktionsnorm**

## **4. DISKUSSION**

**4.1 Resultat**

**4.2 Begränsningar i resultatet**

**4.3 Bättre drivningsplanering**

**4.4 Effektivisering av körning**

**4.5 Framtida studier**

**4.6 Slutsats**

**Referenser:**

**Bilaga 1.**

**Produktionsnormer**

# 1. INLEDNING

## 1.1 Bakgrund

Historiskt sett har skogsbruket varit en viktig grund i den svenska välfärden och det har alltid funnits ett intresse för att effektivisera och utveckla de olika leden i skogsbruket för att öka den ekonomiska vinsten. Det svenska skogsbrukets produkter står för 11 % av svensk export, vilket motsvarar 119 miljarder kronor. Detta är en betydelsefull byggsten i den svenska ekonomin (Skogsstyrelsen, 2015a).

Den absolut vanligaste metoden i svenskt skogsbruk gällande uttag av virke är den så kallade kortvirkesmetoden. Metoden baseras på att en skördare fäller och apterar stammen till passande sortiment. Därefter kommer en skotare som ska forsla ut virket till närmsta avlägg vid väg för vidare transport till industri (Kellog & Bettinger, 1994; Hiesl & Benjamin, 2013; Karjalainen et al. 2001). Under avverkningsåren 2009-2013 så låg den genomsnittliga avverkningsvolymen på 83 miljoner m<sup>3</sup>sk per år. Slutavverkningar är störst ur ett volym perspektiv på 46 miljoner m<sup>3</sup>sk, medan gallringarna står för ca 24 miljoner m<sup>3</sup>sk, övriga 13 miljoner m<sup>3</sup>sk kommer från röjning och övrig avverkning. Dock så avverkas gallringsvolymen från ca 1,7 gånger större areal än volymen som slutavverkats (SLU 2015a) (SLU 2015b). Gallring är en beståndsvårdande åtgärd där virket tas tillvara på och på så vis får en inkomst vid tillvaratagandet. Denna åtgärd bidrar även till en förhöjd kvalitet och tillväxt på den kvarvarande skogen. Det svenska skogsbruket är uppbyggt på så sätt att nästan all skog gallras en eller ett par gånger under sin omloppstid. Detta gör att gallringen har en stor roll i det svenska skogsbruket. (Agestam, 2009)

Den totala årliga avverkningskostnaden 2012 uppgick till 9,4 miljarder kronor (Skogsstyrelsen, 2015b). Den ungefärliga gallringskostnaden låg på ca 186-190 kr/m<sup>3</sup>fub beroende på var i Sverige den utfördes, medan föryngringsavverknings kostnad ligger på 85-100kr/m<sup>3</sup>fub. Detta resulterar i att gallringskostnaden står för 40-50% av den totala avverkningskostnaden. Kostnaden för avverkning grundas i produktiviteten för skördare och skotare. Skotning står för ca 36 % av den totala gallringskostnaden Jfr Brunberg, (2014).

Produktiviteten för en skotare är generellt lägre i en gallring än i en slutavverkning (Eriksson & Lindroos, 2014) detta beror på flertalet faktorer. All typ av lastning under skotningsarbetet uppnår 78-82 % av skotningstiden. Körning utan last och körning med full last står för 18-22 % av skotningstiden (Manner, 2015). Enligt Brunberg så var andelen körning 21 % i gallringsarbetet i början på 2000-talet (Brunberg, pers. med.). Körningsmomentet i gallring är mindre än i slutavverkningen vilket beror på bland annat att bredden mellan stickvägarna är större i en gallringstrakt än i en slutavverkningstrakt. Uttagsvolymen per ytenhet är generellt högre i en slutavverkning än i en gallring. Det ska tilläggas att momenten lastning och lossning kan utföras av skotarföraren som "lastning/lossning under körning" i större utsträckning på en slutavverkningstrakt än på en gallringstrakt då stor hänsyn behöver tas till

de lämnade stående träden. Detta resulterar i en hastighets minskning på 10-20% i gallring jämfört med slutavverkning (Brunberg, 2004).

Tidigare undersökningar av skotningsarbete har påvisat att det finns en mängd faktorer. Till exempel ytstruktur och lutning som klassas enligt en femgradig skala där högre värde korrelerar med ökad körsvårighet (Myhrman et al. 1993). Störst påverkan har dessa två på körhastighet och köravstånd vid skotningsarbete (Bergstrand, 1985). Äldre studier som genomförts tog även in aspekter så som vibrationer i maskinen som en stor påverkande faktor (Asserståhl, 1973). Tidigare studier påvisar även att en 20 % ökning av produktiviteten på kranarbete eller en 20 % ökning på körning har olika stor betydelse beroende på skotningsavståndet. Under 500 m skotningsavstånd så har kranarbetet större betydelse, över 500 m så har körningen större betydelse (Andersson, 2015).

Holmen avverkar ca 3 miljoner m<sup>3</sup>fub (egen skog) årligen, varav 700 000 m<sup>3</sup>fub kommer från gallringsavverkningar (Holmen Skog, 2015) (Eriksson, pers. med.). Under de senaste decennierna upplever Holmen att det lagts större fokus på lastnings- och lossningsarbetets utveckling i skotarproduktiviteten eftersom det är lastnings- och lossningsarbetet som står för största delen av tidsåtgången i skotningsarbetet både i slutavverkning och gallring. Då det inte går att kombinera körning och lastning/lossning samtidigt på samma sätt i gallring som det kan kombineras i slutavverkning så blir momenten mer tydligt uppdelade. Även variabeln meter per m<sup>3</sup>fub är större i gallring än i slutavverkning. Kran och grip har utvecklats till att bli allt mer lättmanövrerade samt arbetar mycket effektivare. Fokus kring körhastigheten har däremot inte haft lika stort utrymme i maskinutveckling.

Holmen är därför intresserad att analysera skotningsarbetet i gallringsbestånd för att förhoppningsvis effektivisera gallringsarbetet ur synvinklar som innefattar körningsmomentet. Detta för att ha ett så korrekt ersättningsunderlag som möjligt när det kommer till gallringsarbetet och i just detta fall skotningsarbetet.

## 1.2 Produktionsnormer

En produktionsnorm är i grunden en beräkningsformel som är baserat på driftfaktorer för olika maskiners produktionskapacitet (Brunberg, 2004).

Produktionsnormer används som underlag för hur effektivt ett arbete förväntas kunna utföras. Inom skogsbruket används produktionsnormer till bland annat skogsmaskiner. Detta gör att företagen får en bra fingervisning för hur den förväntade produktiviteten för maskinen bör vara. Produktionsnormer är därför en viktig del vid bortsättningsunderlag för betalning till entreprenörer.



Produktionsuppföljningssystem så som TimberLink är ett direktuppföljningssystem där det går att följa produktiviteten och utnyttjandegraden av maskinen i realtid. Genom systemet så kan små justeringar göras för att förbättra produktiviteten och ekonomin vid en avverkning.

### **1.3 Drivningsplanering bidragande faktor för tidsåtgången**

Drivningsplaneringen är något som blivit allt mer viktigt för skogsbolagen idag. Huvudanledningen är att genom bättre planering minimera körskador och då främst allvarliga körskador. Detta finns inkorporerat i de flesta skogsbolag, hos Holmen kallas det *Spårlös Drivning*. Det har även visat sig leda till förbättrad drivningsekonomi i form av mindre bränsleförbrukning samt kortare körsträcka (Holmen Skog, 2016). En studie har gjorts på Stora Enso's koncept som är likvärdigt med Holmens *Spårlös Drivning*. Den kallas för *Rätt Metod*.

Larsson (2014) har analyserat Stora Enso's egna drivningskoncept kallad *Rätt Metod* vars huvudsyfte är att utveckla en effektivare och samtidigt mer skonsam drivningsplanering. Aspekten med effektivare skotning för att kunna minimera körningskostnaden är utav stort intresse för att kunna ge ett bättre ekonomiskt och miljömässigt utfall. För att detta ska fungera så är det upp till skördaren att avverka så att virket centreras och gör så att skotningen kan koncentreras till ett fåtal slag som armeras med ris. Skördaren ska även planera så att basstråken dras på traktens bästa bärrighet, gärna högt beläget i terrängens topologi. Genom att risa basstråken där skotaren förväntas köra fullastad och olastad för att sedan köra på de orisade delarna under lastning. Skördarföraren ska planera så att längden mellan de så kallade tvärslagen beror på traktens virkesförråd. Tvärslagen ska finnas med jämna mellanrum så att mellan varje tvärslag ska det finnas virke för att tillgodose en fullastad skotare. Genom att planera på det sättet så förväntas andelen körskador minska medan produktiviteten i körningsarbetet ökar (Larsson, 2014).

### **1.4 Syfte**

Huvudsyftet med arbetet har varit att undersöka hur tidsåtgången på skotningsarbetets körningsmoment per kubikmeter har förändrats över tid gentemot övriga moment sett över tidsperioden 1985 - 2016.

### **1.5 Hypotes**

Tidsåtgången för körmomentet per kubikmeter har inte förändrats över tid, medan körmomentet idag står för större andel av den totala tidsåtgången än för 30 år sedan.

## 2. MATERIAL OCH METOD

### 2.1 Studieupplägg

Arbetets grund är baserat på litteraturstudier från olika årtionden, samt matematiska uträkningar utifrån olika produktionsnormer. Utöver redan befintlig data och litteraturstudier så har data från en skotare tagits fram genom programvaran TimberLink från en av Holmens John Deere skotare. I arbetet har fyra olika produktionsnormer analyserats för att jämföra hur de förhåller sig till varandra samt mot de data som hämtats från Holmens skotare genom Timberlink. Detta för att jämföra den produktionsnorm som överensstämmer bäst med de data som tagits från Holmens skotare. Även en analys hur tidsåtgången minskar med ökad körhastighet genom procentuell ökning med angiven produktionsnorm har undersökts. För att få en annan synvinkel så har även en analys gjorts angående hur tidsåtgången påverkas per kubikmeter.

### 2.2 Jämförande av produktionsnormer

Under studien har fyra produktionsnormer använts för att se hur de tar hänsyn till körningsmomentet i skotningsarbetet. Modellerna ser olika ut och ger olika mycket utrymme för anpassning på specifika moment. Arbetet grundar sig i en jämförelse mellan produktionsnormerna och de data som finns från en av Holmens skotare.

Det första steget var att utvärdera produktionsnormerna då dessa skiljer sig i hur de olika momenten delas upp. Detta för att ge ett underlag vid val av produktionsnorm som går att använda vid vidare studier där normen ställs mot dataunderlaget från Holmens skotare.

Här efter följer en kort beskrivning av produktionsnormerna, fullständig redovisning av formlerna redovisas i Bilaga 1.

#### **Bergstrand 1985**

Momentindelning (*indata*):

**Lastning** (*andel svåra högar, högstorlek, laststorlek*). **Körning under lastning** (*antalet överfarter, laststorlek, uttagsvolym, avstånd mellan körstråk, hastighet*). **Körning** (*hastighet, ytstrukturklass, lutningsklass*). **Lossning** (*antal sortiment per last, laststorlek*).

#### **Gullberg 1997**

Momentindelning (*indata*): **Lastning** (*högvolum, virkeslängd*), **Körning under lastning** (*ställtid per flytt, volym per uppställningsplats, volym per 100m, körsträcka per lastad m<sup>3</sup>f, körhastighet lastning, totaluttag, antal sortiment i lasset, antal sortiment, stickvägsavstånd*), **Körning** (*avstånd stickväg, avstånd basväg, lastarea, virkeslängd, fastvolymandel, hastighet*

*stickväg, hastighet basväg, ytstrukturklass, lutningsklass, ställtider), Lossning (krancykeltid vid 3m virkeslängd, griparea, virkeslängd, fastvolymandel)*

## **Brunberg 2004**

Momentindelning (*indata*): **Terminaltid** (*uttag per hektar, maskinstorlek*). **Körning** (*enkelt terrängtransportavstånd, körhastigheten vid olika ytstrukturer och lutning, laststorleken*). **Sortimenttid** (*medelstamsvolym*). **Sortering**(*antal sortiment*). **Övrig tid** (*uppskattas*).

## **Andersson 2015**

Momentindelning (*indata*): **Lastning** (*högvolum, virkeslängd*). **Körning under lastning** (*Avstånd, Medelhastighet, volym per lass, Virkeskoncentration längs stickväg för sortiment som lastas, Virkeskoncentration för sortiment som lastas, stickvägslängd*). **Körning** (*Enkelt terrängtransportavstånd, körhastighet m/m<sup>3</sup>fub, Laststorlek, ytstrukturklass, lutningsklass*). **Körning under lossning** (*Antal lastade sortiment*). **Lossning** (*Virkeslängd*).

Produktionsnormerna är relativt lika, de använder sig dock av lite olika indelningar. Den som skiljer sig mest är Brunberg (2004) som har ett samlat begrepp, "terminaltid", för "lastning", "lossning" och "körning under lastning".

Normerna ställdes upp i Excel för att analysera fördelningen mellan lastning och körning. Lastningen är oavsett avstånd relativt konstant och mest beroende av volymen på trakten samt volym per 100m stickväg. Normerna är uppbyggda på samma sätt, de har dock lite olika krav på indata för att komma fram till tidsåtgången för de olika momenten. Kraven på indata hos de olika normerna jämfördes med utdata från programmet TimberLink.

TimberLink är en programvara som är framtagen av John Deere. TimberLink är ett produktionsuppföljningssystem som övervakar maskinens prestation. Programmets huvudsyften är att få en bra översikt på produktivitet, tekniskt skick, bränsleförbrukning samt att upptäcka olika typer av justeringar som behöver göras. De har även utvecklat systemet så att det är enkelt att överföra data från maskin till dator för vidare analyser hur just den specifika maskinen har presterat vid ett visst tidsspänn (John Deere, 2016).

Datat ur TimberLink är indelat i fyra olika moment.

Momentindelning (*indata*): **Körning med tomt lass** (*Körning från avlägg till första virkeshögen*). **Lastning** (*Från att skotaren börjar lasta första stocken, Körning under lastning ingår i detta arbetsmoment*). **Avlastning** (*Avlastning av virket vid avlägget, Körning under lossning ingår i detta arbetsmoment*). **Körning med last** (*Från det att skotaren är fullastad och ska tillbaka från trakten ut till avlägget*).

Vid jämförelsen av normerna gjordes följande antaganden:

- Lastvolymen 12,9 m<sup>3</sup>fub.
- Antal sortiment är 1.

- Ytstruktur samt lutning har antagits vara 1.
- Virkeslängden har antagits till 4 m.
- Volymen i varje hög har antagits till 0,3 m<sup>3</sup>fub.
- Avståndet på stickväg har antagits vara 50 m oavsett totalt terrängtransportavstånd i de formler som delar på avstånd på stickväg och avstånd på basväg.
- Totalt terrängtransportavstånd 200, 400, 600, 800 samt 1000 m.

### **2.3 Studerande av skotare**

I studien har en av Holmens skotare studerats genom att analysera data via John Deere's TimberLink. Informationen kom från en gallringstrakt som avverkats utanför Moliden, Örnsköldsvik. Maskinen som användes i studien var en skotare av modellen John Deere 1210E (John Deere, 2015).

TimberLink datan användes sedan för att jämföra den faktiska prestationen med den prognostiserade prestationen från produktionsnormen. Detta kan senare användas för att utvärdera hur underlaget för bortsättning ser ut, samt hur det överensstämmer med utfallet av maskinens verkliga prestation.

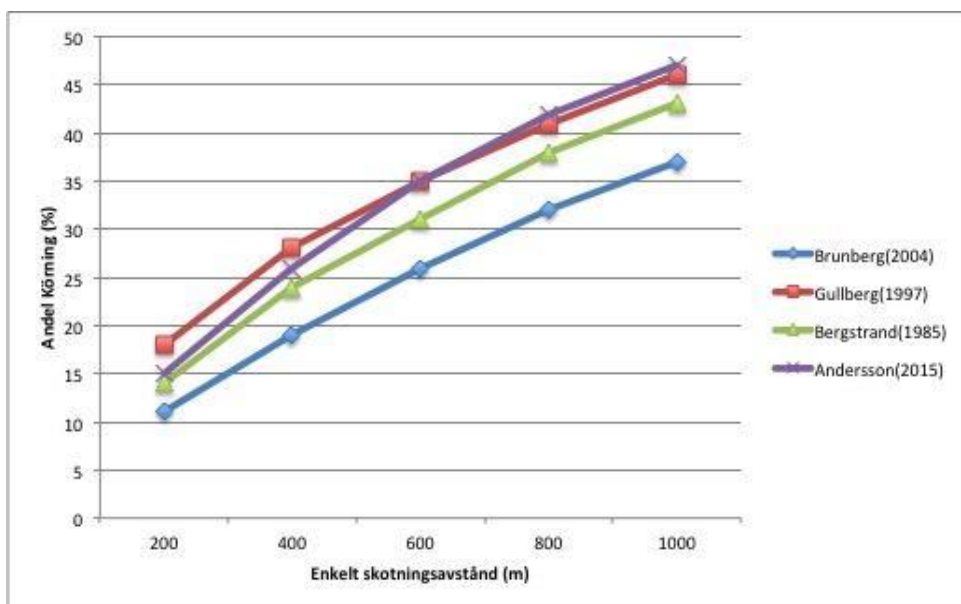
### **2.4 Val av produktionsnorm**

För att en analys över tidsmomenten ska vara möjlig så har de olika produktionsnormernas arbetsmoment jämförts för att välja ut den norm som bäst stämmer överens med de arbetsmoment som finns i TimberLinks utdata. Valet av produktionsnormen Brunberg (2004) baserades på två faktorer. För det första så är det Brunbergs norm som Holmen använder sig av, samt att TimberLinks utdata stämmer bäst överens med de indata som krävs i Brunbergs (2004) produktionsnorm.

### 3. RESULTAT

#### 3.1 Jämförande av produktionsnormer

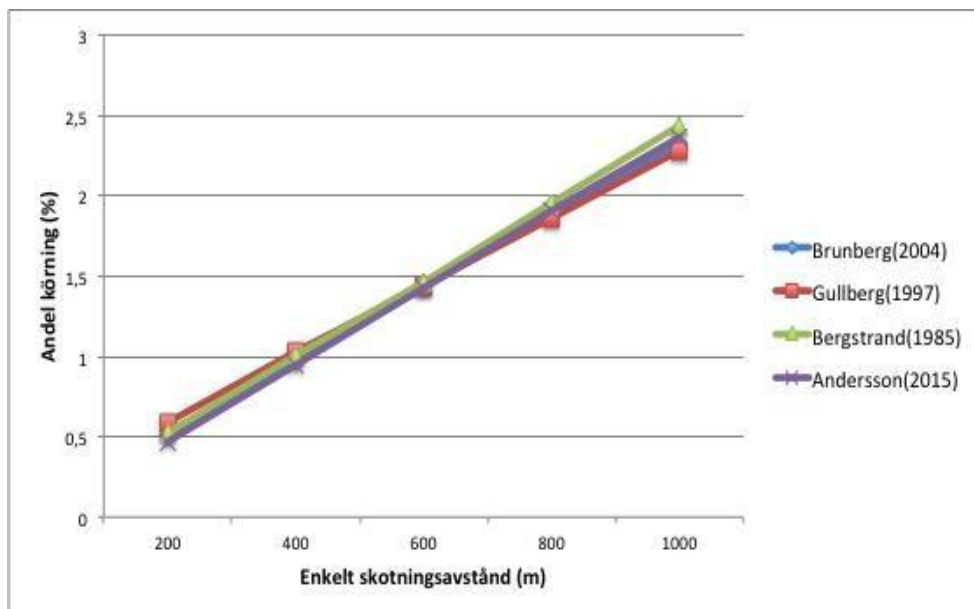
Andelen tidsåtgång för körningsmomentet ökar med ökat skotningsavstånd. Andelen för tidsåtgången på körningsmomentet varierade beroende på vilken produktionsnorm som användes vid analysen. Vid 200 m körning enkel väg så varierar andelen körning 11-18 % beroende på vilken produktionsnorm som användes. Vid 1000 m som var det längsta skotningsavståndet som analyserades i arbetet så varierade andelen körning mellan 37- 47 % (Figur 1).



Figur 1. Andel tidsåtgång för moment körning.

Figure 1. Proportion of time spent in the driving operation.

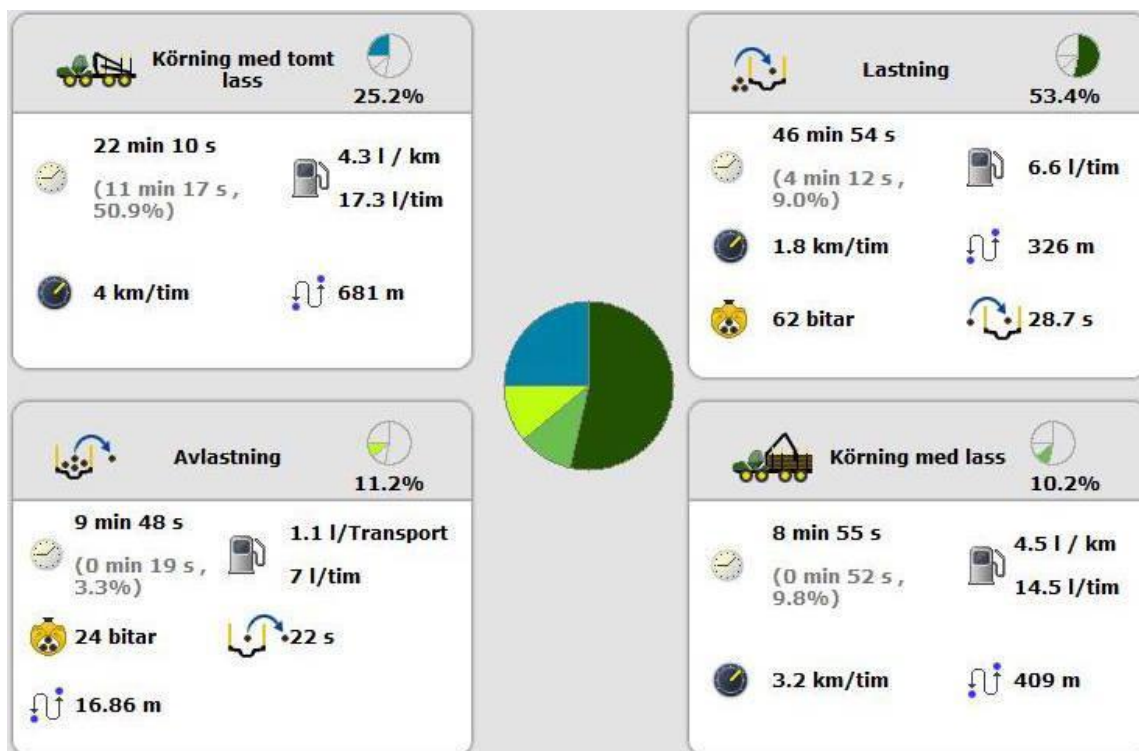
Dock så visar jämförandet av tid per kubikmeter att det inte skiljer sig speciellt mycket mellan normerna (Figur 2). Vid 600 m terrängtransportavstånd så tar det nästan exakt lika lång tid för alla normer. Vid 200 m skiljer det 7,2 sekunder mellan den snabbaste och den långsammaste normen per kubikmeter, vid 1000 m skiljer det 9 sekunder per kubikmeter.



Figur 2. Tidsåtgång körning per kubikmeter vid olika avstånd.  
 Figure 2. Time spent per cubicmeter for different hauling distances.

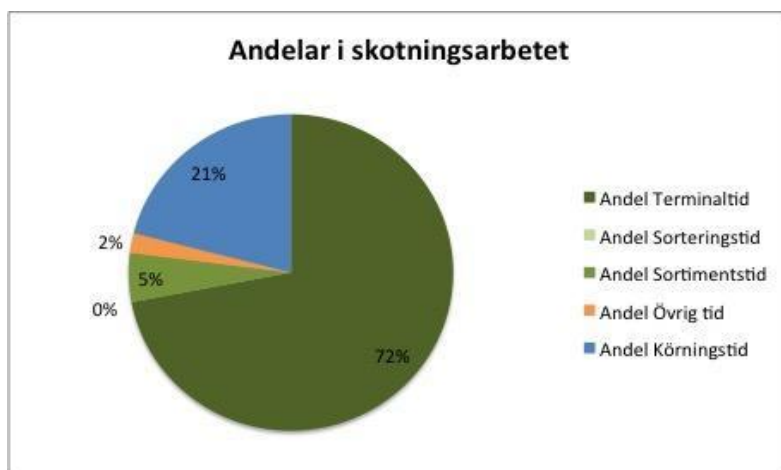
### 3.2 Analys av TimberLink jämfört med produktionsnorm

Datat som hämtades från TimberLink i gallringstrakten visade att andelen “Körning med tomt lass” uppgick till 25,2 %, andelen “Lastning” var 53,4 %, andelen “Avlastning” var 11,2 % och andelen “Körning med lass” uppgick till 10,2 % (Figur 2.). Summeras den totala andelen körning så är den totala tidsåtgången vid körningsmomentet 35,4 %.



Figur 3. Data från gallringstrakten utanför Moliden från TimberLink  
 Figure 3. Data from the thinning felling outside Moliden from TimberLink.

Resultatet av Brunbergs norm visade att andelen körning vid liknande förhållande som i gallringstrakten uppgick till 21 %. Terminaltiden uppgick till 72 %, andelen sortimentstid uppgick till 5 % och andel övrig tid var 2 % (Figur 4). Det skiljde 14,4 % i andel körning mellan produktionsnormen och den faktiska datan från gallringstrakten. Tidsmässigt låg gallringstrakten från TimberLink på 1 timme och 28 minuter per lass och enligt Brunberg beräknades tiden till 1 timme och 21 minuter per lass. Resultatet blir att Brunberg (2004) är ca 9 % effektivare än vad maskinen var i verkligheten.



Figur 4. Andelar av arbetsmoment i Brunberg(2004) produktionsnorm.  
 Figure 4. Percentage of the different hauling operations in Brunberg (2004) production standard.

## 4. DISKUSSION

### 4.1 Resultat

Studien byggde på att undersöka hur stor del av skotningsarbetet som körningsmomentet i förhållande till övriga moment upptar idag jämfört med tidigare i historien. Det resultat som arbetets fram har visat att vid jämförelse av produktionsnormer från olika tidsepoker så har tidsåtgången per kubikmeter varit ungefär den samma över tid. Variationer finns men de har varit relativt små. Andelen körning, sett till totaltiden, har dock varierat mellan de olika normerna. Med undantag för Brunberg (2004) så antyder normerna på att andelen körning har ökat med tiden. Körningen tar en större del av arbetet idag än vad det gjorde för 30 år sedan, trots att det tar nästan lika lång tid att köra ut en kubikmeter. Förhållandet tyder på att hypotesen om att lastnings- och lossningsmomentet har utvecklats mer än körningsmomentet, med och utan last, stämmer.

Utav de fyra normer som studerats så valdes Brunbergs (2004) norm att jämföras med TimberLink data. Detta då det var den normen som stämde överens mest med de indata vi hade till studien samt att det är den produktionsnorm som används idag av Holmen Skog i deras bortsättningsmall.

Vid jämförandet av Brunbergs (2004) produktionsnorm och TimberLink data så blev resultatet ganska tydligt. Körningsmomentet hade en betydligt större andel i TimberLink datan än vad den hade i Brunbergs (2004) produktionsnorm. Skillnaden i tid per lass skiljde sig också, här tog det längre tid i TimberLink data än det gjorde i produktionsnormen. Att totaltiden per lass var större i TimberLink data indikerar på att ersättningen till entreprenörer kan vara för lågt om det är så att det presenterade resultatet är ett generellt resultat och inte bara på just denna trakt.

### 4.2 Begränsningar i resultatet

Det uppstod vissa begränsningar i arbetet med produktionsnormerna för att göra de så jämförbara som möjligt. Produktionsnormerna har olika indata i sina beräkningar, vilket gjorde att vissa antaganden gjordes. Jämförandet av produktionsnormerna blir svår då exempelvis arbetsmomentet lastning baseras på olika variabler. Gullberg (1997) produktionsnorm använder högvolum och virkeslängd, medan Bergstrands (1985) produktionsnorm använder sig utav andel svåra högar, laststorlek och högstorlek. Att redovisa samma resultat genom olika variabler gjorde jämförandet av normerna besvärligt.

Arbetsmomentet "Terminaltid" i Brunbergs (2004) produktionsnorm har konstanter i beräkningsformeln som baseras på maskinstorlek. Då maskinstorleken i produktionsnormen är en konstant baserat på vilken storleksklass den tillhör gör att arbetsmomentet "Terminaltid" blir det samma oavsett om maskinen lastar 10 ton eller 14 ton. Arbetsmomentet "Terminaltid"



borde baseras på hur mycket skotaren kan lasta då det är viss skillnad på 10 ton och 14 ton. Det gjorde det komplicerat att anpassa utifrån de förutsättningar som skulle analyseras för att jämföra med de andra produktionsnormerna samt den insamlade TimberLink datat.

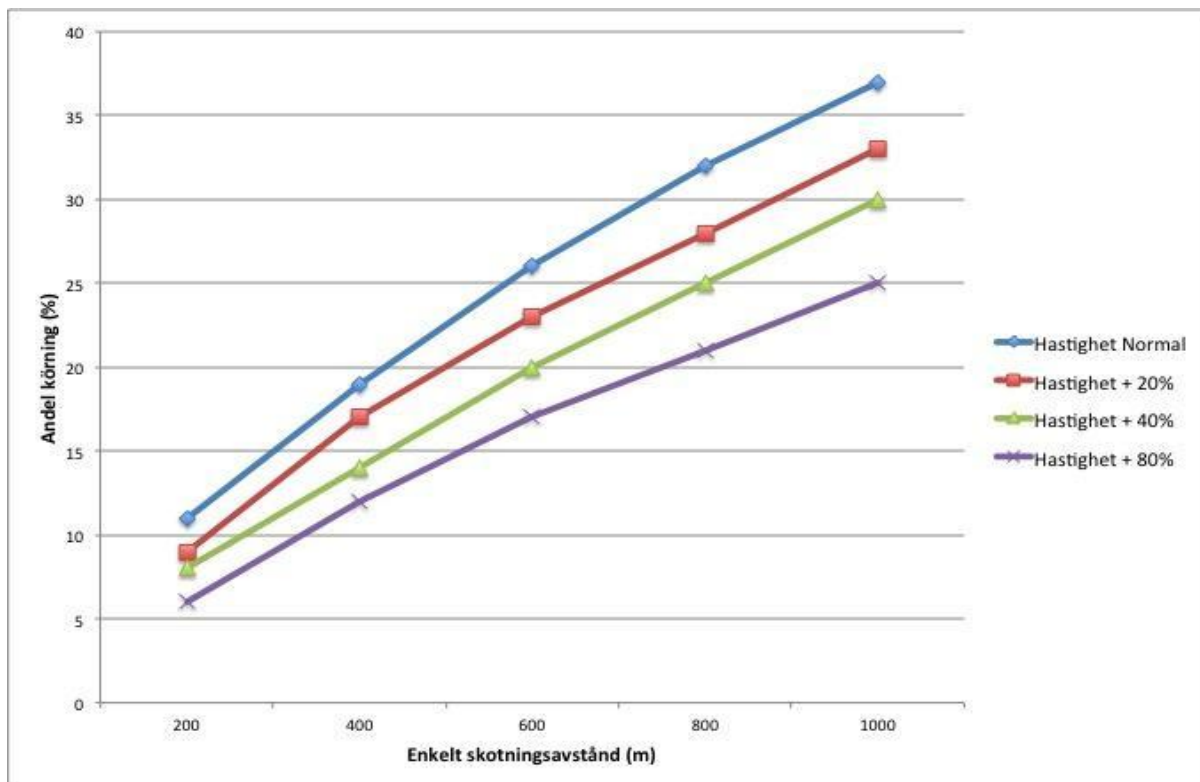
Den insamlade fältdatan kom från TimberLink. Det har dock varit en begränsande faktor i arbetet då datan enbart har kommit från en trakt samt att de data som varit tillgänglig från trakten var begränsad i TimberLink. Det gör att det inte går att dra några säkra slutsatser utifrån de data som analyserats från TimberLink. För att resultatet i arbetet skulle vara mer kvalitativt så hade det krävts en större mängd data än vad det här arbetet har haft tillgång till. Alternativet att samla in data manuellt fanns, dock fanns det inte tid att genomföra en sådan insamling av data. Brunbergs (2004) produktionsnorm skiljde sig tidsmässigt mot TimberLink. Det borde den inte göra då produktionsnormen används i bortsättningsunderlaget som ska användas för att generera prisuppgifter på enskilda trakter. Detta skapar utrymme för diskussion kring hur korrekt produktionsnormen stämmer överens med verkligheten. Att tidsåtgången för körning är högre i TimberLink datat jämfört med Brunbergs (2004) produktionsnorm kan bero på variabler som det inte tas hänsyn till i normen. Exempelvis att det troligtvis låg snö på marken då trakten gallrades i januari/februari månad, samt vad föraren har för erfarenhet och kunskap av skotningsarbete.

### **4.3 Bättre drivningsplanering**

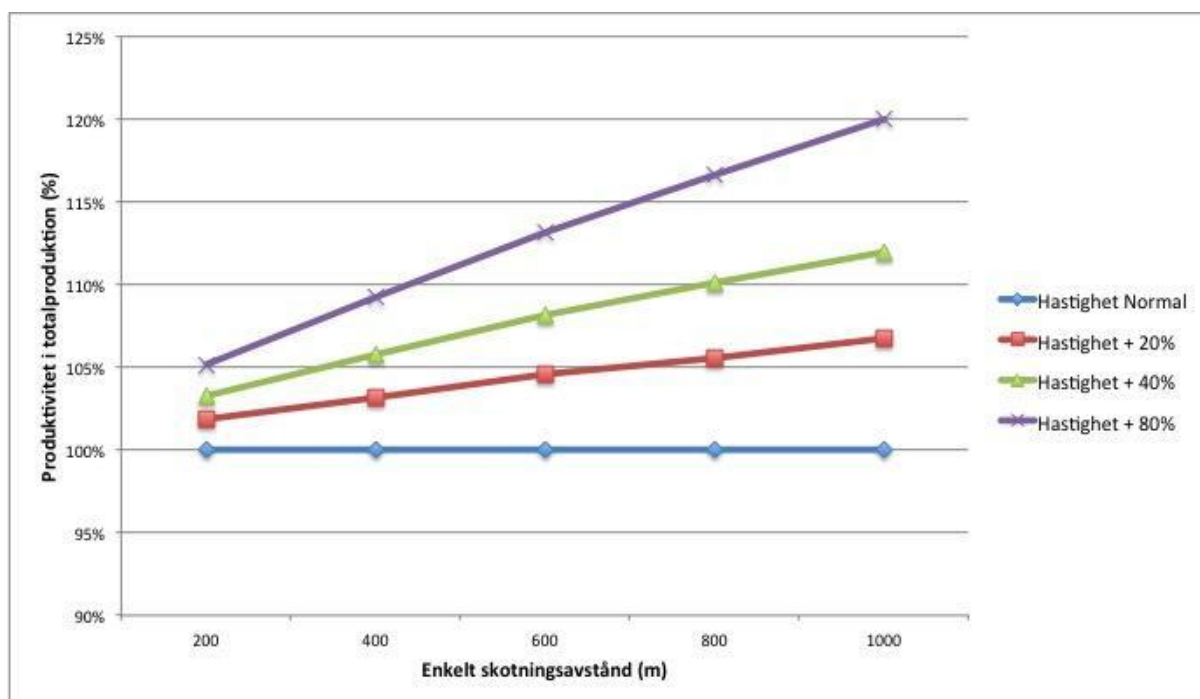
I studien gjord av Larsson (2014) påvisades att en effektiviserad drivningsplanering inte bara resulterade i minskad bränsleförbrukning utan även en effektivisering i körningsmomentet. Genom att drivningen planerades på ett effektivare sätt kunde körsträckor kortas ner och körhastigheten höjas. Medelkörsträckan för skotning var i den konventionella drivningen 1,2 gånger längre än i Larssons (2014) Rätt Metod system. Huruvida totalproduktionen blir effektivare kunde det inte dras någon slutsats på i studien, indikationen var dock att produktiviteten påverkades positivt utav tillämpningen av drivningskonceptet Rätt Metod.

### **4.4 Effektivisering av körning**

Förändring av totalproduktionen vid simulering av Brunbergs (2004) norm med effektiviseringen av körhastigheten på 20 %, 40 % och 80 % vid olika köravstånd (Figur 5). Resultatet visar på en relativt liten produktionsförbättring i förhållande till ökningen i körhastighet. Resultatet visar att en stor förändring i körhastighet ej resulterar i någon större förändring på andelen körning. Vid 200 m är skillnaden 5 % och vid 1000 m är skillnaden 12 % vid en hastighetsökning på 80 % i jämförelse med dagens körhastighet. (Figur 6).



Figur 5. Effektivisering av körhastighet vid olika avstånd med produktionsnorm av Brunberg(2004).  
 Figure 5. Streamlining of driving speed at different driving distances with Brunbergs (2004) production standard.



Figur 6. Höjning av totalproduktion genom höjning av körhastighet.  
 Figure 6. Increased totalproduction through increased driving speed.

Effekten av att höja körhastigheten ger inte någon större effekt på totalproduktionen såvida hastigheten inte höjs markant och avstånden är långa.

#### **4.5 Framtida studier**

Utifrån vad som tagits fram i denna studie samt de data och den litteratur som studerats i samband med studien så tycks det finnas utrymmen att fylla. Andersson (2015) genomförde den senaste studien och tog fram en ny produktionsnorm. Den byggdes på tidigare genomförda studier inom området. De tidigare studierna är i viss utsträckning gamla och sträcker sig så långt bakåt i tiden som till 1980-talet. På området skotning så tycks det vara Brunberg (2004) som var den senast genomförda större tidsstudien. Baserat på dessa fakta så tycks det vara dags att genomföra en större tidsstudie på de skotare som faktiskt rullar i våra skogar idag.

#### **4.6 Slutsats**

Då resultatet saknar signifikans i brist på dataunderlag så kan ingen slutsats fastslås. Resultatet tyder dock på att hypotesen stämmer angående en obalanserad utveckling av tidsåtgång av de olika arbetsmomenten inom skotningsarbetet. Under arbetets gång så upptäcktes även en viss skillnad i jämförelsen av tidsåtgång mellan TimberLink och Brunbergs (2004) produktionsnorm, vilket tyder på att revision eller byggandet av en ny produktionsnorm kan vara aktuell. Detta är likt ovan inget som kan garanteras då det behövs en större mängd data för att analysen ska visa ett signifikant resultat.

## REFERENSER:

Andersson, A. (2015). *En analysmodell för för tidsåtgång vid skotning med Komatsuskotare*. Sveriges Lantbruksuniversitet. Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi. Umeå Arbetsrapport 27. Examensarbete.

Agestam, E. 2009. Gallring - Skogsskötselserien. Skogsstyrelsen, Jönköping.

Asserståhl, R.(1973) *Terrängtransport med skotare - Analys av terrängfaktorers inverkan på hastigheten*. Uppsala. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. Redogörelse nr 2.

Bergstrand, K-G. (1985) *Underlag för prestationsmål för skotning*. Uppsala Forskningsstiftelsen skogsarbeten. Redogörelse Nr 7.

Brunberg, T. (2004). Underlag till prestationsnorm för skotare. Uppsala: Skogforsk. Redogörelse 2004:3.

Brunberg, T. (2014) *Skogsbrukets kostnader och intäkter 2013*. Skogforsk. [Online] <http://www.skogforsk.se/kunskap/kunskapsbanken/2014/Skogsbrukets-kostnader-och-intakter-2013/> [2016-03-09]

Eriksson, M, Lindroos, O. (2014). Productivity of harvesters and forwarders in CTL-operations in northern Sweden based on large follow-up datasets. *International Journal of Forest Engineering*, 25 (3): 179-200.

Hiesl, P., & Benjamin, J. G. (2013). *Applicability of international harvesting equipment productivity studies in Maine, USA: a literature review*. *Forests*, 4(4), 898-921.

Holmen Skog AB (2015) *Fakta och siffror*. [Online] <http://holmen.com/sv/Hallbarhet/Fakta-och-siffror/Holmen-Skog> [2016-03-09]

Holmen Skog AB (2016) *Holmen Skogs pågående målarbete*. [Online] <https://www.holmen.com/sv/skog/om-holmens-skogar/miljo/miljomal/> [2016-07-14]

John Deere (2015). *Maskin fakta*. [Online] [http://www.deere.se/sv\\_SE/docs/html/brochures/publication.html?id=a19e9cab#1](http://www.deere.se/sv_SE/docs/html/brochures/publication.html?id=a19e9cab#1) [2016-03-21]

John Deere (2016). *Mät och styrsystem*. [Online] [https://www.deere.se/sv\\_SE/products/equipment/measuring\\_and\\_control\\_systems/timberlink/timberlink.page](https://www.deere.se/sv_SE/products/equipment/measuring_and_control_systems/timberlink/timberlink.page) [2016-03-15]

Karjalainen, T., Zimmer, B., Berg, S., Welling, J., Schwaiger, H., Finér, L. & Cortijo, P. (2001) Energy, Carbon and other material Flow in the Life Cycle Assessment of 41 Forestry and Forest Product. Achievements of the Working Group 1 of the COST Action E. European Forest Institute, Discussion Paper 10.

Kellog, L., & Bettinger, P. (1994). *Thinning productivity and cost for a Mechanized Cut-to-Length system in the Northwest Pacific Coast Region of the USA. Journal of Forest Engineering*, 43-54.

Larsson, J. (2014). *Jämförelse av skotares körsträcka och bränsleförbrukning vid drivningskoncepten "Rätt metod" och konventionell metod*. Sveriges Lantbruksuniversitet. Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi. Arbetsrapport 6. Examensarbete.

Manner, J. (2015). *Automatic and experimental methods to studying forwarding work*. Swedish University of Agricultural Science, Umeå. Faculty of Forest Science Doctoral Thesis No. 2015:128.

Myhrman, D. Berg, S. Granlund, P. Karlsson, L. (1993). Terrängmaskinen del 1. 2:a tryckningen. SkogForsk, Stiftelsen Skogsbrukets Forskningsinstitut.

Skogsstyrelsen (2016a) *Utrikeshandel*. <http://www.skogsstyrelsen.se/expimp> [2016-03-09]

Skogsstyrelsen (2016b) *Ekonomi*. <http://www.skogsstyrelsen.se/skoge> [2016-03-09]

SLU (2015-05-07a) *Statistik om Skog / Avverkning*. <http://www.slu.se/skogsstatistik/avverkning> [2016-03-09]

SLU (2015-05-07b) *Årlig avverkning fördelade på huggningsarter. Produktiv skogsmark*. <http://www.slu.se/sv/webbtjanster-miljoanalys/statistik-om-skog/avverkning/avverkning-tabeller/> [2016-03-09]

### **Personliga meddelanden:**

Brunberg, Torbjörn. Skogforsk, teknik & virke. Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala. Personligt meddelande 2016-02-23

Eriksson, Jonas. Holmen Skog AB Hörneborgsvägen 6, 891 80 Örnsköldsvik. Personligt meddelande 2016-03-03

# **Bilaga 1.**

## **Produktionsnormer**

### **Bergstrand 1985**

#### Lastning

Liten:  $((0,35 + 0,20E) / T + 1,00) J$

Där

E= andel svåra högar

J= laststorlek (m<sup>3</sup>f/lass)

T= högstorlek (m<sup>3</sup>f/hög)

#### Lossning

$(0,5 - 0,1 H + 0,1 H^2) J$

Där

H= antalet sortiment i lasset

J= laststorlek

#### Körning under lastning (KUL)

$10000 \times U \times J / (B \times K \times L)$

Där

U= antalet överfarter

J= laststorlek

B= uttag (m<sup>3</sup>f/ha)

K= avstånd mellan körstråken (m)

L= hastighet (m/min)

#### Körning

Hastighet på stickväg:  $V=56 - 4,7 (Q + R)$

Där

V= hastighet (m/min)

Q= ytstrukturklas

R= lutningsklass

Tst:  $(2 \times Ast) / Hst$

Tba:  $(2 \times Aba) / Hba$

Tst + Tba= T4

T4 / lastningsvolym= Tid per m<sup>3</sup>fub (min/m<sup>3</sup>fub)

Där

Tst= tid för körning på stickväg

Tba= tid för körning på basväg

Ast= avstånd stickväg

Aba= avstånd basväg

Hst= hastighet på stickvä

Hba= hastighet på basväg

T4= Tid per lass (min/lass)

### **Gullberg 1997**

#### Lastning

$$((A / (2 - e^{(-2 \times HV / GV)}) + ((A + B \times GV) / GV) \times HV) \times (1 - E \times (VL - 3))) / HV$$

Där

A-E= är konstanter enligt tabell

GV= max gripvolym: GA x VL x FV

HV= högvolum

VL= virkeslängd

GA= griparea enligt tabell

FV= fastvolymandel enligt tabell

#### Körning under lastning (KUL)

$$ST / VU + KS / HL$$

Där

ST= ställtid per flytt, min

VU= volym per uppställningsplats (=X x  $\sqrt{V100} \sqrt{V100}$ )

X= koefficient (0,23 för gallring)

V100= volym per 100m x m<sup>3</sup>= (TU x ASL x SA)/(AS x 100)

KS= körsträcka per lastad m<sup>3</sup>f, m=(AS x 10000)/(ASL x TU x SA)= 100/V100

HL= körhastighet lastning, m/min= 9 + 8,5 x ln(KS x VU)

TU= totaluttag, m<sup>3</sup>/ha

ASL= antal sortiment i lasset

AS= antal sortiment

SA= stickvägsavstånd, m

### Körning

$$(2A_{st} / H_{st} + 2A_{ba} / H_{ba}) / (LA \times VL \times FV)$$

Där

$A_{st}$ = avstånd stickväg, m (enkel väg)

$A_{ba}$ = avstånd basväg, m (enkel väg)

$LA$ = lastarea,  $m^2$

$VL$ = virkeslängd, m

$FV$ = fastvolymandel

$H_{st}$ = hastighet stickväg, m/min=  $H + I \times (Y_{kl} + L_{kl})$

$H_{ba}$ = hastighet basväg, m/min=  $F + G \times (Y_{kl} + L_{kl})$

$Y_{kl}$ = ytstrukturklass enligt terrängtypschema

$L_{kl}$ = lutningsklass enligt terrängtypschema

$J$ = ställtider, min/lass

### Lossning

$$(KC / (GA \times VL \times FV)) \times (1 + K \times (VL - 3))$$

Där

$KC$ = krancykeltid vid 3m virkeslängd, min

$GA$ = griparea,  $m^2$

$VL$ = virkeslängd, m

$FV$ = fastvolymandel

$K$ = koefficient för längdkorrigering

### **Brunberg 2004**

Arbetet i produktionsnormen är uppdelat i fem steg:

1. Terminaltid= Tid för lastning, lossning och körning under lastning (KUL)
2. Körtid= Körtiden till och från avverkningen
3. Sortimentstid= tid för olika sortiment
4. Sorteringstid= tid för sortering
5. Övrig tid= tid för underhåll och förberedelser.

### Terminaltid

Tidsformel för gallring:

$$T = K1 \times ((-43 + K2 \times UT + 25,9 \times \sqrt{UT}) / UT)$$

Där



T= tidsåtgången i G15-min/m<sup>3</sup>fub

UT= uttaget i m<sup>3</sup>fub/ha

Konstanternas värde för gallring:

Liten skotare; K1=1 K2=1,18

Medel skotare; K1=1 K2=0,67

Stor skotare; K1=1 K2=0,67

### Körning

$$T = (2 \times A) / (H \times L)$$

Där

T= G15-min/m<sup>3</sup>fub

A= enkelt terrängtransportavstånd, m.

H= Körhastigheten i m/min vid olika ytstrukturer och lutning.

L= laststorleken i m<sup>3</sup>fub.

### Körhastighet

$$H = 75 - 8,2 \times YT - 1,4 \times LUT^2$$

Där

H= hastigheten i m/G15min

YT och LUT= ytstruktur och lutning enligt Skogforsks Terrängtypschema.

(Detta avser slutavverkningstrakter, i en gallring är hastigheten ungefär 10-20% lägre.)

### Sortimentstid

$$T = 0,05 - V$$

Där

T = tidsåtgången i G15min/m<sup>3</sup>fub

V = medelstamvolymen i m<sup>3</sup>fub

### Sortering

$$S = -0,1 + 0,1 \times AS$$

Där

S = tiden för sortering i G15min/m<sup>3</sup>fub

AS = antalet sortiment, st.

### Övrig tid

Uppskattas till 1,5min/lass.

## **A.Andersson 2015**

### Lastning

$$((A / (2 - e^{(-2 \times HV / GV)}) + ((A + B \times GV) / GV) \times HV) \times (1 - E \times (VL - 3))) / HV$$

Där

A-E= konstanta enligt tabell

GV= max gripvolym: GA x VL x FV

HV= högvolum

VL= virkeslängd

GA= griparea enligt tabell

FV= fastvolymandel enligt tabell

#### Körning under lastning (KUL)

$( X3 / A \times V ) \times 1,08$

Där

X3= Avstånd för körning under lastning

A= Medelhastighet för körning under lastning

V= Volym per lass

Z= Virkeskoncentration längs stickväg för sortiment som lastas

R= Virkeskoncentration för sortiment som lastas

S= Stickväglängd (m/ha)

#### Körning

$( 2 \times A ) / ( H \times L )$

Där

A= Enkelt terrängtransportavstånd

H= Körhastighet m/m<sup>3</sup>fub beroende av YT+LUT

L= Laststorlek m<sup>3</sup>fub

YT= Ytstruktur enligt skogforsk terrängtypschema

LUT= Lutning enligt skogforsk terrängtypschema

#### Körning under lossning (KUL)

$(0,0789021 \times A - 0,0780896) \times 1,08$

Där

A= Antal lastade sortiment

#### Lossning

$( KC / (GA \times VL \times FV ) ) \times ( 1 + K \times ( VL - 3 ) )$

Där

KC= Krancykeltid enligt tabell

GA= Griparea enligt tabell

VL= Virkeslängd

FV= Fastvolymandel enligt tabell

K= Koefficient för längdkorregering