

## Markberedning i blockrik terräng

- En jämförelse mellan grävmaskin och harv

*Soil scarification in bouldery terrain*

- *A comparison between excavator and disc trencher*



Foto: Louise Magnusson

## Louise Magnusson





# Examensarbeten

2015:2

Fakulteten för skogsvetenskap

Institutionen för skogens ekologi och skötsel

## Markberedning i blockrik terräng

- En jämförelse mellan grävmaskin och harv

*Soil scarification in bouldery terrain*

- *A comparison between excavator and disc trencher*

**Louise Magnusson**

### Nyckelord / Keywords:

Död ved, lågor, naturhänsyn, planteringspunkter, skador, ytstrukturklass /  
*Dead wood, coarse woody debris, nature conservation, planting spots, damages, ground roughness class*

---

ISSN 1654-1898

Umeå 2015

Sveriges Lantbruksuniversitet / *Swedish University of Agricultural Sciences*

Fakulteten för skogsvetenskap / *Faculty of Forest Sciences*

Jägmästarprogrammet / *Master of Science in Forestry*

Examensarbete i skogshushållning / *Master degree thesis in Forest Management*

EX0770, 30 hp, avancerad nivå A2E/ *advanced level A2E*

Handledare / *Supervisor*: Göran Hallsby

SLU, Inst för skogens ekologi och skötsel / *SLU, Dept of Forest Ecology and Management*

Externa handledare / *External supervisors*: Eva Stattin och Martin Schmalholz

Stora Enso Skog

Examinator / *Examiner*: Tomas Lundmark

SLU, Inst för skogens ekologi och skötsel / *SLU, Dept of Forest Ecology and Management*

I denna rapport redovisas ett examensarbete utfört vid Institutionen för skogens ekologi och skötsel, Skogsvetenskapliga fakulteten, SLU. Arbetet har handledts och granskats av handledaren, och godkänts av examinator. För rapportens slutliga innehåll är dock författaren ensam ansvarig.

*This report presents an MSc/BSc thesis at the Department of Forest Ecology and Management, Faculty of Forest Sciences, SLU. The work has been supervised and reviewed by the supervisor, and been approved by the examiner. However, the author is the sole responsible for the content.*

# FÖRORD

Detta examensarbete omfattar 30 högskolepoäng på avancerad nivå och arbetades fram under höstterminen 2014 vid Institutionen för skogens ekologi och skötsel vid Sveriges Lantbruksuniversitet i Umeå. Examensarbetet utfördes på uppdrag av Stora Enso Skog.

Jag vill tacka min handledare Göran Hallsby vid Institutionen för skogens ekologi och skötsel för nyttiga diskussioner och snabb och bra feedback under arbetets gång. Jag vill också tacka Anders Muszta vid Institutionen för skoglig resurshushållning för hjälpen med de statistiska analyserna.

Jag vill även tacka mina externa handledare Eva Stattin och Martin Schmalholz på Stora Enso Skog som gav mig förtroendet att utföra studien, delade med sig av värdefull kunskap och gav bra feedback under arbetets gång.

Slutligen vill jag ge ett varmt tack till Johan Hermansson, skogsvårdsledare på Stora Enso Skog Ljusdal, för stort engagemang och ovärderlig hjälp i samband med inventeringsarbetet.

Umeå, februari 2015

Louise Magnusson

# SAMMANFATTNING

Runt 70 % av skogsföryngringen i Sverige utförs genom plantering efter maskinell markberedning. På de flesta marker uppnås tillräckligt antal godkända planteringspunkter men vid riklig förekomst av block som hindrar eller stör markberedningsaggregatet blir det problem. En annan komplikation i samband med markberedning på blockrik mark är att där till följd av tidigare brukningshistorik och ålder ofta finns rikligt med död ved i form av lågor. Vid markberedning ska hänsyn tas till att dessa inte skadas, eftersom död ved är viktig för den biologiska mångfalden.

Huvudsyftet med denna studie var att jämföra resultatet av markberedning med grävmaskin respektive harv på blockrik mark, vad gäller planteringspunkter och skador på lågor. Även användbara planteringspunkter innan utförd markberedning samt skador på lågor orsakade av maskiner i samband med avverkningen studerades.

Studien utfördes med fältförsök på två blockrika trakter i Ljusdals kommun. Totalt ingick åtta upprepningar med försöksytor, som markbereddes med grävmaskin på ena halvan och med harv på den andra.

Resultatet visade att grävmaskinen åstadkom signifikant fler godkända planteringspunkter och skadade en signifikant lägre andel lågor jämfört med harven. Grävmaskinen åstadkom i genomsnitt 2028 godkända planteringspunkter per ha och skadade 8,0 % av lågorna, att jämföra med harven som i genomsnitt åstadkom 1069 godkända planteringspunkter per ha och skadade 34,6 % av lågorna. Grävmaskinen åstadkom även en högre andel optimala planteringspunkter än harven. Resultatet visade också att antalet användbara planteringspunkter innan utförd markberedning var tillräckligt för att uppnå det antal planteringspunkter som önskades efter markberedning. Av de lågor som fanns på försökslokalerna var det fler som skadats i samband med avverkningen än på grund av markberedningen. Att avstå från markberedning skulle alltså bara delvis förhindra skador på död ved i samband med avverkning och föryngringsåtgärder.

Resultatet talar för att på blockrik mark öka andelen markberedning med grävmaskin. Jag finner det därför motiverat att gå vidare och göra en fördjupad analys där de ökade kostnaderna för markberedning med grävmaskin ställs i relation till det förväntade nuvärdet av de volym- och kvalitetsförbättringar som en bättre markberedning kan förväntas ge.

Den goda tillgången på användbara planteringspunkter innan utförd markberedning gör att plantering utan markberedning kan ses som ett möjligt föryngringsalternativ på blockrik mark, åtminstone om skogsägaren inte har tillgång till markberedningsteknik som ger planteringspunkter av hög kvalitet.

Nyckelord: Död ved, lågor, naturhänsyn, planteringspunkter, skador, ytstrukturklass

## SUMMARY

Around 70 % of the forest regeneration in Sweden is carried out by planting after mechanical soil scarification. On most land a sufficient number of approved planting spots are achieved, but with high abundance of boulders that interfere the soil scarification device there will be a problem. Another complication associated with soil scarification on bouldery land is that coarse woody debris often is abundant as a result of past forest management history and age. Consideration must be given to the coarse woody debris so that it is not damaged during the soil scarification, because dead wood is important for the biodiversity.

The main purpose of this study was to compare the result after soil scarification with excavator and disc trencher on bouldery land, in terms of planting spots and damages to coarse woody debris. Also usable planting spots before performed soil scarification and damages to coarse woody debris caused by forest machines in connection with the final felling were studied.

The study was performed as a field experiment in two stands with high abundance of boulders in the municipality of Ljusdal. A total of eight replicas of experimental areas were included. Soil scarification was carried out using excavator on one half of each experimental area and disc trencher on the other.

The result showed that the excavator produced significantly more approved planting spots and damaged a significantly lower proportion of coarse woody debris compared with the disc trencher. The excavator produced on average 2028 approved planting spots per ha and damaged 8.0 % of the coarse woody debris, in comparison with the disc trencher that produced on average 1069 planting spots per ha and damaged 34.6 % of the coarse woody debris. The excavator also produced a higher proportion of optimal planting spots than the disc trencher. The result also showed that the number of usable planting spots before performed soil scarification was sufficient to achieve the number of planting spots that was desired after soil scarification. The coarse woody debris that was on the experimental sites was more damaged in connection with the final felling than in connection with the soil scarification. To refrain from soil scarification would therefore only partly prevent damages to the dead wood in connection with final felling and regeneration activities.

The result speaks for an increase in the proportion of soil scarification with excavator on bouldery land. I therefore find it motivated to go ahead and do a deeper analysis in which the increased costs of soil scarification with excavator is placed in relation to the expected present value of the volume and quality improvements as a better soil scarification can be expected to provide.

Planting without soil scarification can be seen as a possible regeneration option on the bouldery land due to the good supply of usable planting spots before performed soil scarification, at least if the forest owner does not have access to soil scarification technology that provides planting spots of high quality.

Keywords: Dead wood, coarse woody debris, nature conservation, planting spots, damages, ground roughness class

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

<b>FÖRORD</b> .....	<b>1</b>
<b>SAMMANFATTNING</b> .....	<b>2</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>3</b>
<b>INLEDNING</b> .....	<b>5</b>
<b>Bakgrund</b> .....	<b>5</b>
Markberedning.....	5
Markförhållanden .....	6
Naturhänsyn.....	7
<b>Den här studien</b> .....	<b>8</b>
<b>Syfte och frågeställningar</b> .....	<b>9</b>
<b>MATERIAL OCH METOD</b> .....	<b>10</b>
<b>Studieområde</b> .....	<b>10</b>
<b>Försöksdesign och behandlingar</b> .....	<b>10</b>
<b>Inventeringar</b> .....	<b>12</b>
Inventering före markberedning .....	12
Inventering efter markberedning .....	12
<b>Dataanalyser</b> .....	<b>13</b>
<b>RESULTAT</b> .....	<b>15</b>
<b>Godkända planteringspunkter efter markberedning</b> .....	<b>15</b>
<b>Användbara planteringspunkter före markberedning</b> .....	<b>16</b>
<b>Skador på lågor</b> .....	<b>17</b>
<b>DISKUSSION</b> .....	<b>19</b>
<b>Godkända planteringspunkter efter markberedning</b> .....	<b>19</b>
<b>Användbara planteringspunkter före markberedning</b> .....	<b>20</b>
<b>Skador på lågor</b> .....	<b>21</b>
<b>Styrkor och felkällor i studien</b> .....	<b>21</b>
<b>Slutsatser</b> .....	<b>22</b>
<b>REFERENSER</b> .....	<b>23</b>
<b>Muntliga referenser</b> .....	<b>25</b>



# INLEDNING

## Bakgrund

Plantering efter markberedning är idag den i särklass vanligaste föryngringsmetoden i Sverige (Skogsstyrelsen 2014 a, b). Av den avverkade arealen återplanteras 74 % (Skogsstyrelsen 2014 a) och därav markbereds 95 % inför planteringen (Skogsstyrelsen 2014 b).

### *Markberedning*

Markberedning syftar till att förbättra plantans överlevnad och tillväxt. Den förbättrar utbudet av produktionsfaktorer och minskar risken för skador och vegetationskonkurrens. (Örlander & Gemmel 1989) Markberedningen förenklar dessutom planteringsarbetet (Hallsby 2013). Det är mekanisk maskinell markberedning som dominerar idag. Bearbetningen vid mekanisk markberedning innebär att markvegetationen tillsammans med humus fläks loss så att det uppstår planteringspunkter med mineraljord i ytan (Hallsby 2013).

När humustäcket avlägsnas vid markberedning höjs marktemperaturen (Örlander 1986; Örlander m fl. 1991; Kubin & Kemppainen 1994). En ökad marktemperatur gynnar rötternas tillväxt och vatten- och näringsupptagning (Söderström 1976; Söderström 1979; Örlander 1985). I en sammanfattning av sambanden mellan planteringspunktens egenskaper och förutsättningarna för god plantetablering hävdar Örlander (1985) att en säkrare syretillgång kan erhållas genom markberedningens dränerande och uppluckrande effekt av jorden. En lucker jord med mindre mekaniskt motstånd underlättar även rottillväxten (Örlander 1985). Markberedningen ökar även lufttemperaturen närmast marken nattetid vilket ger en minskad risk för frostsador (Kubin & Kemppainen 1994). I en teoretisk analys av markberedningsprinciper hävdar Bäcke m fl. (1986) att plantering i omvänd torva med mineraljord på ökar näringsutbudet för plantan eftersom inbäddad humus bryts ned snabbare. Risken för uttorkning har dock visat sig vara stor vid plantering i hög, men torkskador kan undvikas genom att plantan planteras djupt (Örlander m fl. 1991). Plantering i mineraljord minskar risken för snytbaggeskador (Örlander m fl. 1991), då snytbaggen undviker ren mineraljord där det saknas vegetation eller humus att söka skydd i (Nordlander m fl. 2008). Genom lägre täckningsgrad av vegetation runt plantan minskar markberedning även konkurrensen från annan vegetation (Örlander m fl. 1991).

Kunskapen om markberedningens effekter bygger på erfarenheter inhämtade under lång tid genom forskning med fältexperiment och planteringsuppföljningar och den avspeglas i de markberednings- och planteringsinstruktioner som tillämpas inom skogsbruket idag. Kunskapen har använts för att definiera olika typer av planteringspunkter som ska gynna plantors etablering med anpassning till ståndortens karaktär. För uppföljning av markberedning och val av planteringspunkter vid plantering tillämpar skogsbolagen en gradering av planteringspunkters lämplighet, med uppdelning i optimala, godkända och underkända planteringspunkter. Definitionerna av de olika planteringspunkterna är likartade hos skogsbolagen (Tabell 1). Kunskapen om markberedningens effekter baseras på fältförsök utlagda på de vanligast förekommande marktyperna, jämförbar erfarenhet saknas från specifika marktyper såsom blockrik mark.

**Tabell 1.** De gemensamma dragen i skogsbolagens gradering av planteringspunktens lämplighet (Stora Enso 2007; Mattsson & Larsson-Stern 2010; Petersson & Lindén 2010; Normark 2011; BillerudKorsnäs 2013; SCA u.å.)

*Table 1. The common principles of the forest companies grading of the planting spot's suitability*

<b>Planteringspunkt</b>	<b>Definition</b>	<b>Ståndortsförhållanden</b>
<i>Optimal</i>	<i>Mineraljord på omvänd torva eller tilta</i>	<i>Alla marker</i>
<i>Godkänd</i>	<i>Mineraljordsspår eller mineraljordsfläck</i>	<i>Torr och frisk mark med medelgrova eller grova jordar</i>
<i>Godkänd</i>	<i>Omvänd torva eller tilta utan mineraljord</i>	<i>Finjordsrik (stor uppfrysningsrisk) och fuktig mark Torr och frisk mark med medelgrova eller grova jordar och liten risk för snytbagge</i>

Ett annat förnygringsalternativ är att plantera utan markberedning. På 5 % av den areal som planteras i Sverige utförs idag ingen markberedning (Skogsstyrelsen 2014 b). I Hagner och Jonssons (1995) studie om plantering i humusskiktet direkt efter avverkning hävdar de att plantöverlevnaden är lika hög som vid plantering efter markberedning. Förutsättningarna är att när markberedning inte utförs ska plantering ske första våren efter slutavverkning och plantorna som används ska vara tillräckligt stora och försedda med skydd mot snytbaggen. Hagner och Jonsson (1995) hävdar även att plantering utan markberedning kan innebära förkortad omloppstid och mindre markstörning vilket kan vara positivt för bland annat bevarande av naturvärden. Hagner och Hansson (1987) påstår även de i en studie om planterade med plantskydd på nyligen avverkade och omarkberedda hyggen i norra Sverige att plantöverlevnaden är jämförbar med den efter plantering på markberedd mark. På omarkberedd likt på markberedd mark finns bättre och sämre planteringspunkter att plantera planter i. Andersson (1976) påvisar i en lokal studie att plantans tillväxt påverkas av planteringspunktens topografiska läge på hygget, förekomst av ris runt planteringspunkten och förekomst av skydd så som stenar eller stubbar i närheten av plantan.

### *Markförhållanden*

Valet av markberedningsmetod styrs till stor del av markens egenskaper. I sammanställningar av markegenskaper som påverkar valet av markberedningsmetod hävdar Lundmark (2006) och Hallsby (2013) att de faktorer som inverkar på valet är markfuktighet, terrängens lutning, markens bearbetningsmotstånd (humuslagrets tjocklek och jordartens textur), bördighet och mängden av tekniska hinder så som block, stubbar och avverkningsrester. Det mesta av den maskinella markberedningen utförs idag med kontinuerligt arbetande maskiner.

Det finns olika markförhållanden som ger dåliga förutsättningar att med konventionella markberedningsmetoder skapa tillräckligt många godkända (jmf tabell 1) planteringspunkter per ha. Lutande terräng påverkar markberedningsmaskinens framkomlighet (Bäcke m fl. 1986) och påverkar därmed förarens körmönster när föraren anpassar vägvalet för att undvika att maskinen välter (Edholm 2012). Blöta områden och överfarter med låg bärighet hindrar maskinens framförande (Edholm 2012). Mycket stubbar, block och sten i marken utgör hinder som markberedningsaggregatet slår i och dessa hinder gör det även svårt att få upp så mycket mineraljord som behövs till planteringspunkterna (Bäcke m fl. 1986). Svår ytstruktur påverkar maskinernas framkomlighet (Bäcke m fl. 1986). Block, stenar och lågor (liggande död ved) ovan marken resulterar i ett ökat medelavstånd mellan markberedningsraderna och därmed ett minskat antal planteringspunkter (Sutherland & Foreman 1995).

Av Sveriges skogsmark tillhör drygt 14 % ytblockighetsklassen ”storblockigt-blockrikt” (Sveriges Lantbruksuniversitet 2007a). Definitionen för ”storblockigt-blockrikt” är minst 21 stycken ytblock per hektar med en diameter på 6,1 dm eller större (Sveriges Lantbruksuniversitet 2007b). ”Ytblock är sådana block som till någon del är synliga eller vars konturer tydligt framträder på markytan.” (Sveriges Lantbruksuniversitet 2007c).

### *Naturhänsyn*

Dagens markberedningsinstruktioner omfattas utöver definitionerna av optimala och godkända planteringspunkter även av instruktioner om vilka hänsyn som ska tas till natur- och kulturvärden i samband med markberedning. En del av naturhänsynen är att skador på död ved ska undvikas (Stora Enso 2007), vilken grundar sig på regelverk som skapats utifrån kunskapen om behovet av död ved i skogen för bevarande av den biologiska mångfalden.

Den biologiska mångfalden är hög i död ved (Stokland m fl. 2012). Det finns ett starkt samband mellan antalet vedlevande arter och mängden död ved i skogen (Martikainen m fl. 2000). Den döda veden utgör födokälla, växt- och boplats för många arter, både rödlistade och andra (Samuelsson & Ingelög 1996). Utöver mängden död ved är också den döda vedens kvalitet avgörande för artsammansättning och antalet vedlevande arter. Vedkvaliteten beror på faktorer så som trädslag, typ av substrat (stående träd, högstubbe, lågstubbe eller låga), ålder, del av trädet, del av veden, nedbrytningsgrad, veddimension och trädets dödsorsak. (Jonsell m fl. 1998) Vissa arter är beroende av att andra arter koloniserat den döda veden först och påverkat veden i en viss riktning (Samuelsson & Ingelög 1996; Djupström 2011).

Kunskapen om behovet av död ved i skogen har gett upphov till de regelverk som idag finns kring bevarande och nyskapande av död ved. Bevarande av död ved regleras i Skogsvårdslagen (SVL 30 §) (Skogsstyrelsen 2014c) och ingår också i kriterierna för certifierat skogsbruk (Svenska PEFC 2012; Svenska FSC 2013). Enligt Skogsvårdslagen (SVL 30 §) ska döda träd lämnas vid all avverkning (Skogsstyrelsen 2014c). Vid FSC- och PEFC-certifiering skärps kraven vad gäller hänsyn till död ved jämfört med Skogsvårdslagen, genom tydligare krav på lämnande av död ved och ett aktivt skapande av ny död ved (Svenska PEFC 2012; Svenska FSC 2013).

Bristande hänsynstagande vid markberedning med mycket skador som följd är ett problem som ständigt diskuteras. Vid markberedning är risken stor att lågor skadas om arbetet utförs oaktsamt och det är meningslöst att spara död ved vid avverkningen om den ändå körs sönder vid efterföljande markberedning (Samuelsson & Ingelög 1996). Kraven på hänsyn till natur-

och kulturvärden i samband med markberedning är en försvårande omständighet för att uppnå fullgott markberedningsresultat.

## Den här studien

På blockrik mark sammanfaller två olika svårigheter med konventionell markberedning inför plantering. Dels utgör blocken fysiska hinder för markberedarens arbete med att åstadkomma tillräckligt antal godkända planteringspunkter. Dels förekommer här, enligt Stora Enso Skogs erfarenhet, till följd av tidigare brukningshistorik och ålder ofta rikligt med död ved som ur miljöhänsyn inte bör skadas (Schmalholz 2014). När nu turen kommit till föryngringsavverkning på dessa marker finns behov av anpassade riktlinjer för efterföljande markberedning. Stora Enso Skog som förvaltar Bergvik Skogs ägor har uppmärksammat problemen och initierat detta examensarbete (Stattin & Schmalholz 2014).

En betydande del av Bergvik Skogs ägor finns på blockrik mark. Bolagets skötselpolicy anger att markberedning och plantering är den skogsföryngringsmetod som skall tillämpas främst (Bergvik Skog 2014). Uppföljningar av markberedningar har visat att markberedning med grävmaskin ger bra resultat (uppnår Bergvik Skogs krav på antal godkända planteringspunkter per ha) på den blockrika marken. Markberedning med grävmaskin förmodas också som riktad metod ha en mindre negativ påverkan på miljön i jämförelse med harven. Om markägarens krav på maskinell markberedning kvarstår överväger Stora Enso Skog därför att öka andelen markberedning med grävmaskin på blockrik mark. (Stattin & Schmalholz 2014) Mot detta talar att markberedning med grävmaskin är två – tre gånger dyrare (Stattin 2014). Det behövs därför bättre kunskap om grävmaskinens markberedningsresultat jämfört med harvens till stöd för framtagning av riktlinjer för val av markberedningsmetod på blockrik mark. Praktisk erfarenhet av markberedning med grävmaskin och harv på den blockrika marken finns på skogsbolaget. Nyttan med denna studie är att öka kunskapen genom en vetenskaplig och objektiv jämförelse av resultaten mellan de två markberedningsmetoderna och kvantifiering av skillnaden mellan metoderna.

I studien jämförs resultatet efter riktad markberedning med grävmaskin med resultatet efter kontinuerlig markberedning med harv, vad gäller planteringspunkter och skador på lågor. Tidigare studier pekar på att resultatet vad gäller planteringspunkter efter markberedning med grävmaskin bör bli bättre än efter markberedning med harv i svår terräng (Berg & Wickström 1979; Gullberg 2002; Edholm 2012). I studien utreds även om plantering utan markberedning skulle kunna vara ett alternativ på den blockrika marken.

Denna studie skiljer sig från tidigare studier (Berg & Wickström 1979; Gullberg 2002; Edholm 2012) som behandlar markberedning i svår terräng genom att den specifikt inriktar sig på blockrik mark och är en direkt jämförelse av markberedningsresultaten mellan markberedning med grävmaskin och harv, där båda metoderna utförs på samma trakter. En ytterligare skillnad är att markberedningsresultatet i denna studie utöver planteringspunkter också omfattar markberedningens påverkan på naturvärden i form av skador på lågor.

## Syfte och frågeställningar

Huvudsyftet med studien är att jämföra resultatet av markberedning med grävmaskin respektive harv på blockrik mark, vad gäller planteringspunkter och skador på lågor.

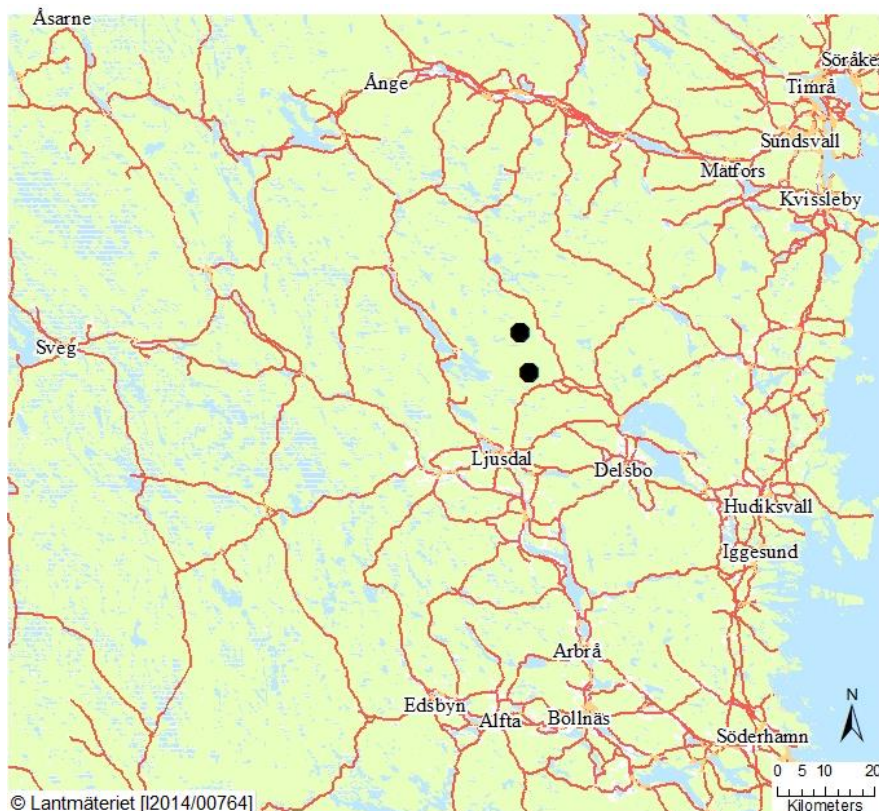
Följande frågeställningar tas upp:

- Finns det skillnader i resultatet mellan de två metoderna vad gäller antalet godkända planteringspunkter?
- Finns det skillnader i resultatet mellan de två metoderna vad gäller andelen lågor som skadas?
- Finns det skillnader i resultatet mellan de två metoderna vad gäller de godkända planteringspunkternas fördelning mellan omvänd humustorva/tilta med mineraljord på och mineraljordsfläck/mineraljordsspår?
- Finns det tillräckligt med användbara planteringspunkter innan markberedning utförs för att nå upp till det antal planteringspunkter som önskas efter markberedning?
- Hur stor andel av lågorna är redan före markberedning skadade av maskiner som använts vid avverkningen?

# MATERIAL OCH METOD

## Studieområde

Det studerade området utgjordes av två trakter i Ljusdals kommun i Gävleborgs län (Koordinater N:6881105 E:560957 respektive N:6872674 E:562784) (Figur 1). Bergvik Skog är markägare och ansvaret för skötselåtgärder har Stora Enso Skog Ljusdal. Båda trakterna avverkades år 2012 och planerade föryngringsåtgärder var markberedning följt av plantering. Trakterna valdes ut med restriktionerna att de skulle vara blockrika och markberedning skulle vara möjlig att utföra med både grävmaskin och harv.



**Figur 1.** Försökslokalernas geografiska läge.

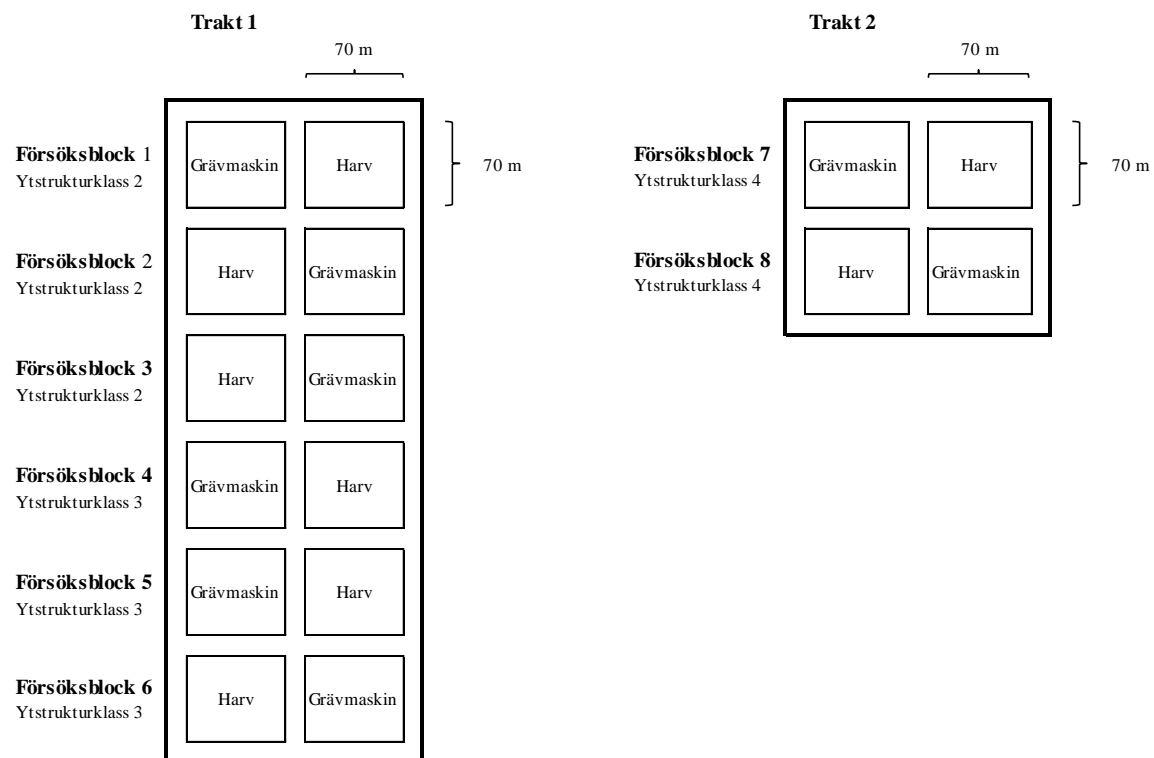
*Figure 1.* The geographic position of the experimental sites.

## Försöksdesign och behandlingar

Studien utfördes som ett blockförsök. På de två trakterna som tillsammans omfattade 44 ha lades åtta försöksblock ut, uppdelade i 16 försöksblockhalvor med vardera en area på 70\*70 m. Ytstruktur- och blockkvotklass var densamma på blockhalvorna inom ett försöksblock. För vägledning vid bestämning av ytstruktur- och blockkvotklass användes Skogforsks handledning "Terrängtypsschema för skogsarbete" (Berg 1995). I enlighet med detta schema bestämdes ytstrukturklass genom uppskattning av höjd på hinder (block, gropar, stenar och jordhögar) och avstånd mellan hinder (Berg 1995; Skogforsk m fl. 2012). Ytstrukturen bestämdes till en av fem befintliga klasser, där klass ett innebär mycket jämn markyta och klass fem mycket ojämn markyta (Berg 1995). Enligt samma schema bestämdes

blockkvotklass genom nedstick i marken med jordsond och beräkning av antalet nedstick mot block eller sten ned till 20 cm under markytan dividerat med totalt antal nedstick (Berg 1995). Nedstick gjordes i ett systematiskt mönster i form av ett ”kors” över vardera blockhalva, i nordlig-sydlig och västlig-östlig riktning. Blockkvoten bestämdes till en av fem befintliga klasser, där klass ett innebär att 0 % av nedsticken är mot block eller sten och klass fem att minst 61 % av nedsticken är mot block eller sten (Berg 1995). Blockkvoten var klass fem inom alla försöksblock medan det fanns en gradient i ytstrukturklass mellan försöksblocken med tre försöksblock i ytstrukturklass två, tre i klass tre och två i klass fyra (Figur 2). Marklutningen över samtliga försöksblock varierade mellan klass ett och två, bedömt i enlighet med samma schema som tidigare. Markfuktigheten var frisk och jordarten av medelgrov sort över alla försöksblock.

Försöksblock tilldelades ett försöksblocknummer och en blockhalva markbereddes med grävmaskin och en med harv. Vilken markberedningsmetod som utfördes på vilken halva avgjordes slumpmässigt genom lottning. Vid markberedningen med grävmaskin användes en Volvo EC140D och arbetet utfördes av två maskinförare. Vid harvningen användes en Ponsse ElephantKing tillsammans med markberedningsaggregatet Bracke T26.a och arbetet utfördes av två maskinförare.



**Figur 2.** Principskiss över försöksdesignen och behandlingar.  
*Figure 2.* Layout of the experimental design and treatments.

För att blockhalvor skulle kunna återfinnas i terrängen för en andra inventering färgmarkerades lämpliga riktmärken i fält i närheten av blockhalvornas mittpunkter. Riktmärkena beskrevs med typ (till exempel högstubbe eller block), särskilda kännetecken samt avstånd och kompassriktning från blockhalvornas mittpunkter. Blockhalvornas mittpunkter koordinatsattes även med GPS.

## Inventeringar

Två inventeringar utfördes, en före och en efter markberedning. Den första inventeringen utfördes i början av juni år 2014 och den andra inventeringen utfördes i början av september samma år.

### *Inventering före markberedning*

Vid den första inventeringen kartlades lågor på var och en av blockhalvorna. Lågor grövre än 15 cm i diameter innefattades av studien. Lågor medräknades om den grövre änden låg innanför försöksblockets yttergränser. Om en låga var uppdelad i flera delar vilka utan tvivel tillhörde samma stam och delarna inte låg mer än 2 m från varandra räknades det som en låga. Bedömning av skador gjordes på de delar av lågan som översteg 15 cm i diameter och täckningsgraden av markvegetation inte översteg 75 % (Anon 2013). För att betecknas som skadad skulle lågan ha en minst 3 cm djup och längs stammen minst 5 dm lång skada i form av uppfläkning eller kompaktering (Anon 2013). Skador beskrevs med placering på låga, storlek samt utseende och fotograferades. En bedömning gjordes om skadorna orsakats av maskiner som använts i samband med avverkningen. I analysen ställdes antalet lågor med skador som orsakats av maskiner i samband med avverkningen i relation till det totala antalet lågor. För att lågorna skulle kunna återfinnas i terrängen för en andra inventering antecknades avstånd och kompassriktning från blockhalvornas mittpunkt till lågorna och lågoras positioner kordinatsattes med GPS-koordinater. Även särskilda kännetecken för lågorna antecknades och alla lågor fotograferades.

Antalet användbara planteringspunkter innan markberedning räknades på en cirkelprovyta med radien 5,64 m ( $100\text{m}^2$ ) inom varje blockhalva. Cirkelprovytan lades ut med provytecentrum beläget mittemellan blockhalvans mittpunkt och yttergräns (17,5 m från blockhalvans mittpunkt) i östlig riktning sett från blockhalvans mittpunkt. Definitionen av en användbar planteringspunkt var en plats där det gick att få ner en planta i jorden. Nedstick med jordsond gjordes för att hitta punkter där det gick att få ner plantor. Användbar planteringspunkt medräknades om den var innanför eller precis på cirkelprovytans yttergräns. Alla användbara planteringspunkter medräknades med reservation för Bergvik Skogs restriktion att lägsta tillåtna avstånd mellan huvudplantor ska vara 1,5 m. Inventeringen startade på närmsta användbara planteringspunkt från provytecentrum och därefter medräknades hela tiden nästkommande närmsta användbara planteringspunkt. Varje medräknad planteringspunkt utmärktes med en trästicka.

### *Inventering efter markberedning*

Vid den andra inventeringen räknades antalet godkända planteringspunkter efter markberedningen. Fyra cirkelprovytor med radien 5,64 m ( $100\text{m}^2$ ) lades ut inom varje blockhalva. Cirkelprovytorna lades ut med provytecentrum belägna mittemellan blockhalvans mittpunkt och yttergräns (17,5 m från blockhalvans mittpunkt). Provytorna lades ut i respektive väderstreck sett från blockhalvans mittpunkt. Antalet godkända planteringspunkter räknades inom varje cirkelprovyta. Till godkända planteringspunkter räknades de som är godkända på frisk mark, med en jordart av medelgrov kornstorlek och där risken för snytbagge är hög, enligt Stora Ensos gällande markberedningsinstruktion. För att vara en godkänd planteringspunkt behövde det vara en omvänd humustorva eller tilta med



mineraljord på. Mineraljorden skulle täcka en area på minst två gånger två decimeter och tjockleken skulle vara minst tre centimeter. Planteringspunkt räknades också som godkänd i mineraljordsfläck och mineraljordsspår, det vill säga i blottlagd mineraljord, om de var i eller ovan markytan. (Stora Enso 2007) Godkänd planteringspunkt medräknades om den var innanför eller precis på cirkelprovytans yttergräns. Alla godkända planteringspunkter medräknades med reservation för Bergvik Skogs restriktion att lägsta tillåtna avstånd mellan huvudplantor ska vara 1,5 m. Efter markberedningen med grävmaskin skedde inventeringen med start på närmsta godkända planteringspunkt sett från provytecentrum och därefter medräknades hela tiden nästkommande närmsta godkända planteringspunkt. En tillräckligt stor markberedningshög kunde bidra med mer än en godkänd planteringspunkt, om avståndet mellan punkterna inte understeg lägsta avstånd 1,5 m. En markberedningshög behövde inte helt ligga innanför cirkelprovytans yttergräns för att en godkänd planteringspunkt skulle medräknas, det räckte att planteringspunkten låg innanför eller precis på cirkelprovytans yttergräns. Efter markberedningen med harv skedde inventeringen längs ett harvspår i taget med start vid närmsta godkända planteringspunkt sett från provytecentrum. Varje godkänd planteringspunkt som medräknades utmärktes med en trästicka. Vid räkningen noterades om godkänd planteringspunkt var omvänd humustorva/tilta med mineraljord på eller mineraljordsfläck/mineraljordsspår.

Alla lågor från den första inventeringen uppsöktes igen vid den andra inventeringen och det bedömdes om nya skador (se definition av skada under föregående rubrik) uppkommit under markberedningen. I analysen ställdes antalet lågor med skador som orsakats av markberedningsmaskin i relation till det totala antalet lågor.

## Dataanalyser

Dataanalyser gjordes i statistikprogrammet Minitab 16. För att undersöka om det fanns en statistiskt signifikant skillnad i antalet godkända planteringspunkter mellan markberedning med grävmaskin och markberedning med harv och mellan olika ytstrukturklasser gjordes en ANOVA (Analysis of Variance) av typen "general linear model" i Minitab. De 32 provytorna för respektive markberedningsmetod räknades som oberoende upprepningar. Innan modellverktyget kördes så gjordes först en enklare visuell analys av data i en boxplot i samma statistikprogram. I modellverktyget valdes "Godkända planteringspunkter/ ha" till responsvariabel och markberedningsmetod, ytstrukturklass och markberedningsmetod\*ytstrukturklass valdes till modellvariabler. För jämförelse valdes markberedningsmetod och ytstrukturklass. Efter genomförd analys avlästes p-värden, den justerade förklaringsgraden och gruppinformation från "Tukey Method". P-värde <0,05 användes som gräns för statistiskt signifikanta samband. För att resultatet från ANOVA "general linear model" skulle kunna användas behövde insamlat data ha residualer som var oberoende, hade konstant varians och var normalfördelade. Det sistnämnda kravet gick att i viss grad förbigå. För att säkerställa att data uppfyllde kraven granskades grafer med residual plots.

För att undersöka om det fanns en statistiskt signifikant skillnad mellan ytstrukturklasserna vad gäller hur mycket närmare det önskade målet 2000 godkända punkter per ha markberedning med grävmaskin kom jämfört med markberedning med harv gjordes en visuell analys av data i en boxplot och en ANOVA av typen "general linear model" i Minitab på samma sätt som ovan. Skillnaden mot tidigare analys var att "skillnad i målluppfyllnad" valdes som responsvariabel och ytstrukturklass valdes som modellvariabel. "Skillnad i

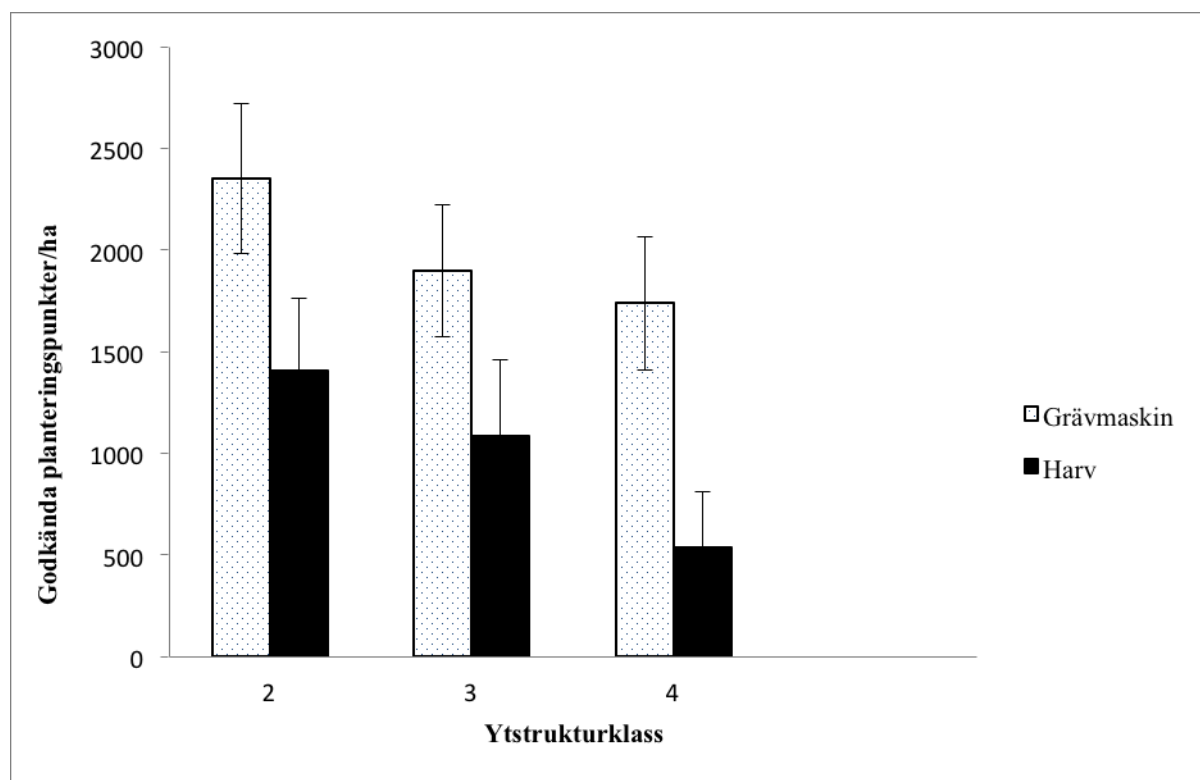
måluppfyllnad” mellan markberedning med grävmaskin och markberedning med harv beräknades i förväg genom ett antal steg. Först beräknades genomsnittliga antalet godkända planteringspunkter per ha för varje blockhalva och för att få fram måluppfyllnaden dividerades det genomsnittliga antalet med det önskade antalet 2000 godkända planteringspunkter per ha. (Måluppfyllnaden kunde inte överstiga 1.) Därefter beräknades ”skillnad i måluppfyllnad” för respektive försöksblock genom att harvens måluppfyllnad subtraherades från grävmaskinens måluppfyllnad.

För att undersöka om det fanns en statistiskt signifikant skillnad i andel lågor som skadades vid markberedningen mellan markberedning med grävmaskin och markberedning med harv och mellan olika ytstrukturklasser gjordes en visuell analys av data i en boxplot och en ANOVA av typen ”general linear model” i Minitab. Analysen utfördes som den ovan beskrivna för godkända planteringspunkter med skillnaden att responsvariabel i detta fall var ”andel skadade lågor”.

## RESULTAT

### Godkända planteringspunkter efter markberedning

Antalet godkända planteringspunkter var signifikant fler efter markberedning med grävmaskin jämfört med harv (p-värde <0,001). Det var också en signifikant skillnad mellan de tre ytstrukturklasserna (p-värde <0,001), med desto fler godkända planteringspunkter ju lättare ytstrukturklass. Modellens justerade förklaringsgrad var 70,46 %. Antalet godkända planteringspunkter efter markberedning med grävmaskin var i genomsnitt 2350 per ha på mark med ytstrukturklass två, 1900 per ha med ytstrukturklass tre och 1738 per ha med ytstrukturklass fyra. Antalet godkända planteringspunkter efter markberedning med harv var i genomsnitt 1408 per ha på mark med ytstrukturklass två, 1083 per ha med ytstrukturklass tre och 538 per ha med ytstrukturklass fyra (Figur 3). Antalet godkända planteringspunkter efter grävmaskin var sett över alla tre ytstrukturklasser i medel 2028 per ha jämfört med 1069 per ha efter harv.

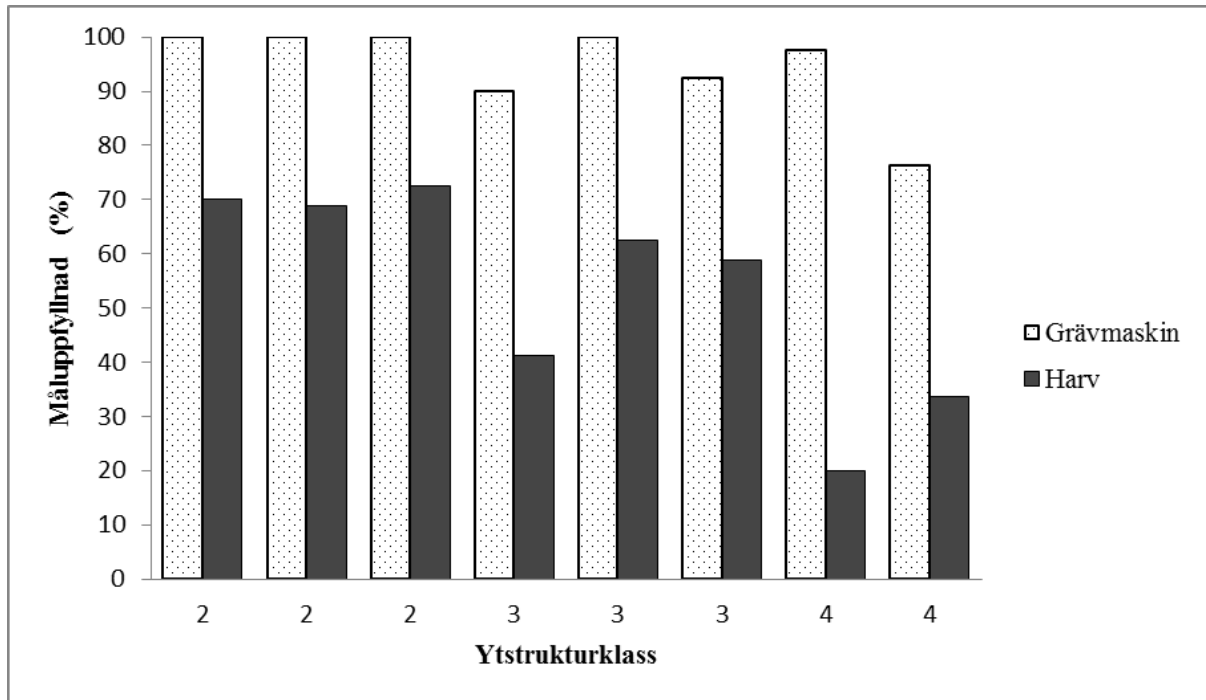


**Figur 3.** Genomsnittligt antal godkända planteringspunkter per ha (+/- standardavvikelse) efter grävmaskin och harv för de tre aktuella ytstrukturklasserna. Önskat antal godkända planteringspunkter per ha var 2000.

*Figure 3.* Average numbers of approved planting spots per ha (+/- standard deviation) for excavator and disc harrow for the three ground roughness classes. The desired number of approved planting spots per ha was 2000.

Det gick att se en skillnad mellan ytstrukturklasserna vad gäller hur mycket närmare det önskade målet 2000 godkända planteringspunkter per ha markberedning med grävmaskin kom jämfört med markberedning med harv vid visuell analys av data i boxplot. I medelvärde hade grävmaskinen jämfört med harven 29,6 % högre måluppfyllnad på mark med ytstrukturklass två, 40,0 % med ytstrukturklass tre och 60,0 % med ytstrukturklass fyra (Figur

4). Signifikant skillnad gick inte att påvisa med det valda analysverktyget ANOVA ”general linear model” eftersom att insamlade data hade residualer som var beroende och inte hade konstant varians.



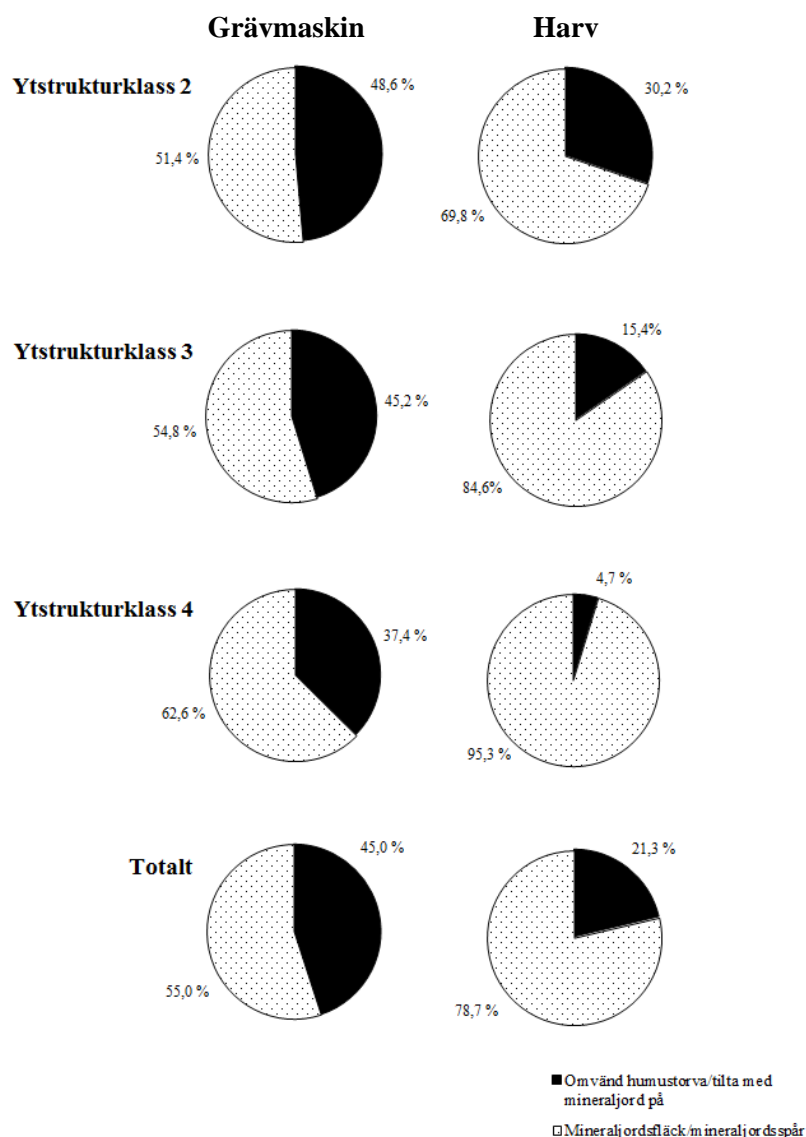
**Figur 4.** Hur väl målet på 2000 godkända planteringspunkter per ha uppfylldes för de inventerade försöksblocken efter markberedning med grävmaskin och harv för de tre aktuella ytstrukturklasserna, 100 % betyder att målet var uppnått.

*Figure 4. How well the objective of 2,000 approved planting spots per hectare was met for the inventoried experimental blocks after soil scarification with excavator and disc trencher for the three ground roughness classes, 100 % means that the objective was achieved.*

Av de godkända planteringspunkterna dominerade typen ren mineraljord utan humusinblandning (mineraljordsfläck/mineraljordsspår). Detta gällde oavsett markberedningsmetod och ytstrukturklass. I genomsnitt ökade markberedning med grävmaskin förekomsten av planteringspunkter av typen mineraljordstäckta omvända humustorvor och i relativa tal var ökningen särskilt stor på de svårare ytstrukturklasserna (Figur 5).

### Användbara planteringspunkter före markberedning

Antalet användbara planteringspunkter innan markberedningen utfördes var tillräckligt många för att nå upp till det antal planteringspunkter som önskades efter markberedning. I genomsnitt gick det att få ner 3200 plantor per ha i den omarkberedda jorden.

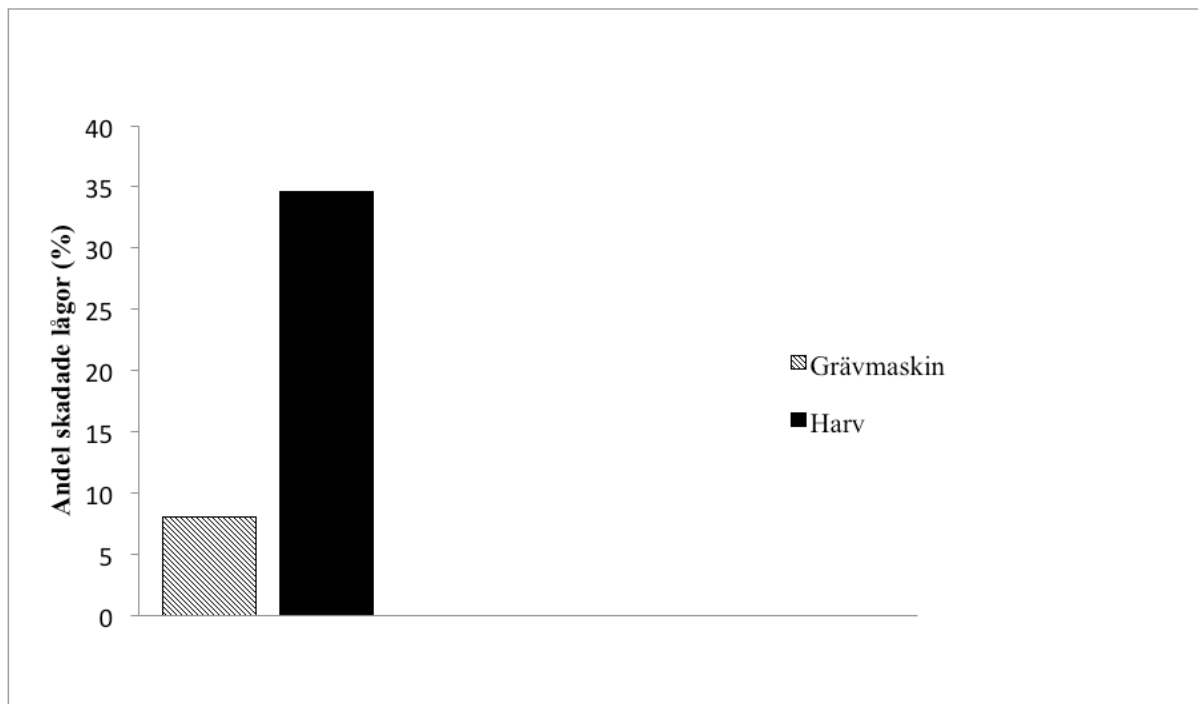


**Figur 5.** Godkända planteringspunkternas fördelning mellan mineraljord på omvärd humustorva/tilta och mineraljordsfläck/mineraljordsspår, efter markberedning med grävmaskin och harv.

*Figure 5.* The approved planting spots' distribution between mineral soil on inverted humus and mineral soil patch, after soil scarification with excavator and disc trencher.

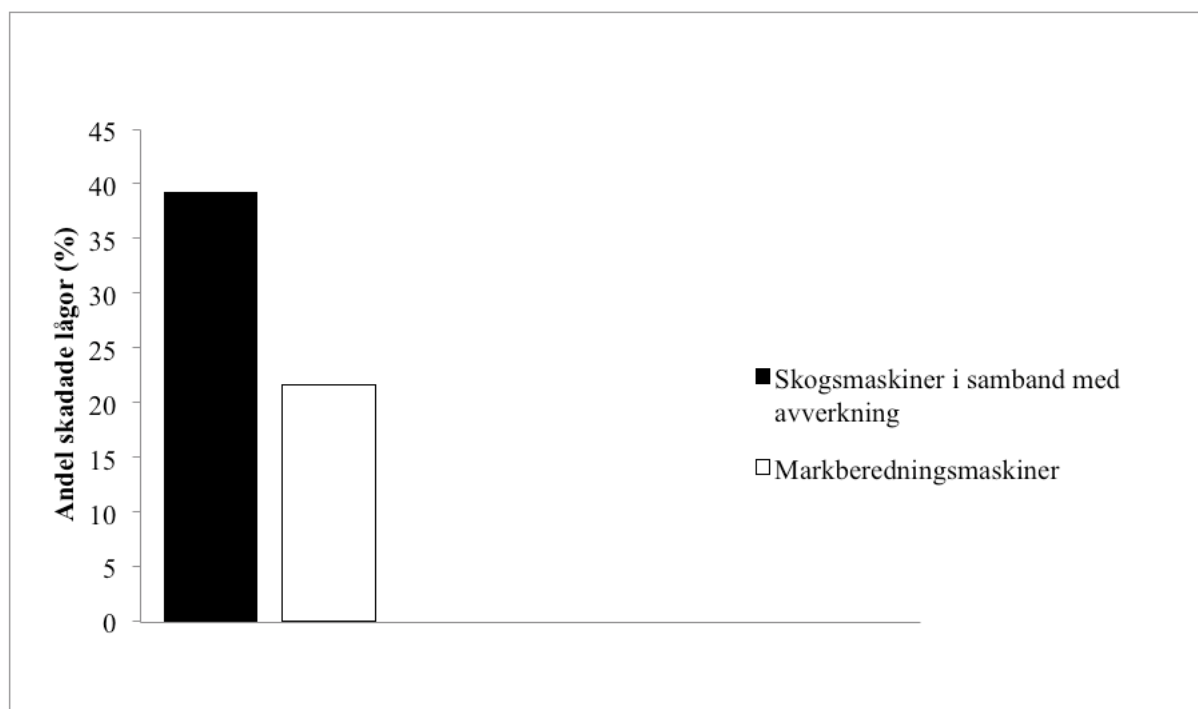
## Skador på lågor

Antal lågor varierade mellan tre och nio stycken per blockhalva och inom ett block var skillnaden i antal lågor mellan blockhalvorna aldrig mer än tre stycken. Andelen lågor som skadades vid markberedningen var signifikant lägre efter markberedning med grävmaskin jämfört med efter markberedning med harv (p-värde 0,033). Det fanns inget signifikant samband mellan andelen lågor som skadades vid markberedningen och ytstrukturklass (p-värde 0,842). Modellens justerade förklaringsgrad var 9,58 %. Vid markberedningen med grävmaskin skadades 8,0 % (4/50) av lågorna och vid markberedningen med harv 34,6 % (18/52) (Figur 6). Av totalt 102 stycken inventerade lågor hade 39,2 % skador orsakade av maskiner i samband med avverkningen. Vid markberedningen uppstod nya skador på 21,6 % av de inventerade lågorna (nya skador medräknades på både lågor som var oskadade och lågor som var skadade före markberedningen) (Figur 7).



**Figur 6.** Andel lågor med nya skador som uppstod i samband med markberedning med grävmaskin respektive harv.

*Figure 6. Proportion of coarse woody debris with new damages that arose in connection with soil scarification with excavator and disc trencher.*



**Figur 7.** Andel lågor skadade av skogsmaskiner i samband med avverkningen och andel lågor skadade av markberedningsmaskiner.

*Figure 7. Proportion of coarse woody debris damaged by forest machines in connection with the final felling and proportion of coarse woody debris damaged by soil scarification machines.*

# DISKUSSION

## Godkända planteringspunkter efter markberedning

Antalet godkända planteringspunkter var signifikant fler efter markberedning med grävmaskin jämfört med harv. Resultatet är i linje med tidigare studier. Berg och Wickström (1979) bedömer att markberedning med traktorgrävmaskiner eller skotare med grävaggregat ger mycket bättre markberedningsresultat jämfört med konventionella aggregat i svår terräng. I en studie av Edholm (2012) som behandlar markberedning i svår terräng uppnår markberedning med grävmaskinen önskat antal godkända planteringspunkter på två av fem trakter medan motsvarande siffra för harven är två av tio. Gullberg (2002) konstaterar att vid markberedning är kranpetsmonterade aggregat mindre känsliga för svårigheter i terrängen än konventionella harvar. Utnyttjande av kranens räckvidd och markpartier mellan stora block gör att det går att markbereda med förhållandevis bra täckning när terrängen är mycket svår (Gullberg 2002). Resultatet överensstämmer med Stora Enso Skogs praktiska erfarenheter. Detta talar för att på blockrik mark öka andelen areal som markbereds med grävmaskin.

Utifrån iakttagelser under inventeringen var det både rikligheten av block ovan och under markytan som begränsade markberedningsmaskinernas möjlighet att åstadkomma godkända planteringspunkter. För harven gällde att ju fler block ovan markytan desto mer oregelbundet körmönster och längre avstånd mellan stråken samt desto större problem med att få till kontinuerliga harvspår. Ytblocken begränsade inte grävmaskinen på detta sätt eftersom det med kranen gick att komma åt att markbereda nära och mellan blocken. Mycket block i marken gjorde det svårt att få ner harvtallrikarna i marken och röra om jorden så att mineraljord blottlades. Block i marken försvårade även för grävmaskinen att blottlägga mineraljord, men till skillnad mot harvtallrikarna gick det gräva så djupt med grävskopan att tillräckligt med mineraljord kom upp för att åstadkomma godkända planteringspunkter.

Resultatet visade att skillnaden i måluppfyllnad (hur väl önskat antal godkända planteringspunkter uppnås) mellan markberedning med grävmaskin och harv blev större vid svårare ytstrukturklasser. Detta visar på att ju blockrikare marken är desto större ”mervärde” erhålls av att välja grävmaskinen som markberedningsmetod framför harven.

Till skillnad mot tidigare studie av Edholm (2012) visade resultatet i denna studie en tydlig skillnad mellan markberedning med grävmaskin och harv vad gäller de godkända planteringspunkternas fördelning mellan omvänd humustorva/tilta med mineraljord på (optimal planteringspunkt) och mineraljordsfläck/mineraljordsspår. Skillnaden i resultaten mellan studierna kan dock bero på skillnader i markförhållanden och/eller använda markberedningsaggregat, eftersom det kan påverkat möjligheten att göra optimala planteringspunkter. Även den enskilda markberedarens erfarenhet kan ha effekt på utfallet i en begränsad studie som denna. Enligt resultatet i denna studie var andelen optimala planteringspunkter mer än dubbelt så stor efter grävmaskinen jämfört med efter harven. Eftersom den optimala planteringspunkten ska ge plantan den bästa förutsättningen för etablering, så är den högre andelen optimala planteringspunkter efter grävmaskinen ytterligare ett skäl till att öka andelen areal som markbereds med grävmaskin på blockrik mark.

Definitionerna av optimala och godkända planteringspunkter som används i dagens markberedningsinstruktioner bygger på kunskap från forskning som bedrivits genom fältförsök på de vanligast förekommande markerna. Men det är inte självklart att det på den

blockrika marken råder samma förutsättningar för plantetablering som på de vanligast förekommande markerna. Därför är det motiverat att ifrågasätta om det är rätt att samma typer av planteringspunkter eftersträvas vid markberedningen på de olika marktyperna.

Säregget för den blockrika marken är just förekomsten av block. Det är skäligt att tro att en planta som planteras i närheten av ett block på något sätt påverkas av blocket, vilket också konstateras i tidigare studier. Andersson (1976) visar på att plantor planterade i skydd av till exempel stenar har en högre medelhöjd och i mindre omfattning drabbas av frostsador jämfört med plantor utan skydd. Plantornas medelhöjd påverkas även av i vilket väderstreck plantorna är planterade i förhållande till skyddet (Andersson 1976). Enligt Odin (1969) kan minimitemperaturen över vegetationstäckets under en klar och vindstilla natt vara nästan tre grader högre intill uppstickande stenar än på en plan yta tack vare värmeutstrålningen från stenarna. Uppstickande stenar påverkar även temperaturen i markytan under dagtid. Mindre luftförlust intill en sten ger en högre temperatur och skillnaden i solinstrålning mellan den solexponerade sidan och den beskuggade sidan kan ge en temperaturskillnad i markytan på över 20 grader mellan sidorna. (Odin 1969)

Nya studier med fältförsök på blockrik mark behövs för att öka kunskapen om hur och i hur stor grad blocken påverkar utbudet av produktionsfaktorer för plantor. Det bör också ge kunskap i om det finns fler saker förutom själva blocken på den blockrika marken som gör att utbudet av produktionsfaktorer för plantor skiljer sig från utbudet på de vanligast förekommande marktyperna. En iakttagelse under inventeringen var att det var relativt torrt på den blockrika marken till följd av grövre jord och bra dränering. Därför kan det som ett exempel tänkas vara större risk för uttorkning än det generellt är på de vanligaste marktyperna. Om det visar sig att det råder tillräckligt stora skillnader i utbudet av produktionsfaktorer mellan blockrik mark och de vanligast förekommande marktyperna kan det vara så att det är andra typer av planteringspunkter som bör eftersträvas vid markberedning på blockrik mark än de som idag eftersträvas. Detta eftersom markberedningen ska utföras på ett sätt som skapar planteringspunkter av den typ som ger plantor bäst förutsättning att etablera sig och växa.

## **Användbara planteringspunkter före markberedning**

Resultatet visade att det i genomsnitt var fler användbara planteringspunkter per ha före utförd markberedning än de 2000 planteringspunkter per ha som önskades efter markberedning. På grund av hög blockkvot var det dock relativt stor risk att slå i sten och block och det behövdes därför visst tålamod för att hitta punkter där det gick att få ner plantor i marken. Resultatet påvisar att markberedning inte behövs utföras i syfte att skapa användbara planteringspunkter. Tillgång på användbara planteringspunkter utan utförd markberedning tillsammans med tillgänglig kunskap som visar att plantering utan markberedning ger godtagbara föryngringar (Hagner & Hansson 1987; Hagner & Jonsson 1995) öppnar upp för ytterligare ett föryngringsalternativ på den blockrika marken utöver plantering efter markberedning med grävmaskin eller harv. Plantering utan markberedning kan ses som ett alternativ för att undvika en kostsam markberedning där det är osäkert om kvaliteten på resultatet blir godtagbart. Dessutom försvinner risken för skador orsakade av markberedningsmaskiner på till exempel lågor, andra naturvärden, vattendrag och kulturlämningar.



## Skador på lågor

Andelen lågor som skadades vid markberedningen var signifikant lägre efter markberedning med grävmaskin jämfört med harv. För att uppnå ett tillfredställande markberedningsresultat på den blockrika marken ur naturhänseende är det med anledning av den rikliga förekomsten av lågor viktigt med en markberedningsmetod som orsakar så lite skador som möjligt på lågor. Detta talar för att på blockrik mark öka andelen areal som markbereds med grävmaskin. Modellens justerade förklaringsgrad var dock låg (9,58 %), vilket tyder på att det fanns fler faktorer än markberedningsmetod och ytstrukturklass som påverkade andelen skadade lågor. Andra tänkbara faktorer som kan ha påverkat andelen skadade lågor men som inte mättes i studien är antalet lågor per ha och lågornas diameter och längd. Det behövs ytterligare studier för att reda ut vad det mer är som påverkar skadefrekvensen på lågor.

Resultatet styrker de praktiska erfarenheter som finns hos Stora Enso Skog att grävmaskinen har mindre negativ påverkan på miljön än harven. I denna studie var det skador på lågor som studerades. Dock finns det skäl att tro att den bättre hänsynen som grävmaskinen visade till lågor i jämförelse med harven även gäller för andra typer av hänsyn, så som hänsyn till andra former av naturvärden, vattenmiljöer, kultur- och fornlämningar.

Andelen lågor som skadades av maskiner i samband med avverkningen före markberedning var 39,2 %. Detta kan jämföras med att markberedningsmaskinerna skadade 21,6 % av lågorna. Det visar på att det finns förbättringspotential vad gäller hänsynstagandet vid markberedning. Samtidigt visar det att det inte bara är markberedningsmaskinernas bristande hänsyn till lågor som bör uppmärksammas utan att maskinerna som används i samband med avverkning också orsakar skador.

## Styrkor och felkällor i studien

All fältinventering utfördes av en person vilket innebär att alla bedömningar gjordes likartat. Vad gäller det data som användes i analysen av antalet godkända planteringspunkter kan det diskuteras om det handlar om pseudoreplikat (Holm 2012), att de fyra värdena insamlade från vardera blockhalva är nestade (Samuels & Witmer 2003). Detta var uppmärksammat före insamlingen av data men på grund av begränsad tid för inventeringsarbetet ansågs detta vara bästa alternativet för insamling av tillräckligt stort data.

För att undersöka om det fanns skillnader i resultatet mellan markberedning med grävmaskin och markberedning med harv valdes att använda modellverket ANOVA av typen ”general linear model” eftersom att det då togs hänsyn till både faktorn markberedningsmetod och faktorn ytstrukturklass samtidigt.

Tidigare studier påvisar att maskinförarens erfarenheter och attityd kan påverka markberedningens utförande och resultat (Sutherland & Foreman 1995; Edholm 2012). En felkälla i studien kan vara att resultatet påverkats av att markberedningen utfördes av flera maskinförare (två förare per markberedningsmetod). Något som ytterligare kan påverkat resultatet är att markberedningsmaskinerna kördes på ganska små ytor i förhållande till vad som är normalt, vilket kan begränsat och påverkat valet av körmonster. Vid inventeringen iaktogs exempelvis att harvspåren i samband med att harven vände och bytte körriktning blev mer ojämna och det blev längre avstånd mellan spåren. Med en mindre areal att markbereda blir det tätare med vändningar och följderna kan tänkas bli ett minskat antal planteringspunkter.

## Slutsatser

Grävmaskinen åstadkom signifikant fler godkända planteringspunkter och skadade en signifikant lägre andel av lågorna som fanns på trakterna i jämförelse med harven. Grävmaskinen åstadkom också en högre andel optimala planteringspunkter. Det bättre resultatet talar för att öka andelen markberedning med grävmaskin på blockrik mark. Jag finner det därför motiverat att gå vidare och göra en fördjupad analys där de ökade kostnaderna för markberedning med grävmaskin ställs i relation till det förväntade nuvärdet av de volym- och kvalitetsförbättringar som en bättre markberedning kan förväntas ge.

Det finns ytterligare faktorer, utöver de som innefattas i denna studie, som kan påverka valet av markberedningsmetod och därför kan behöva belysas vid vidare studier av markberedning på blockrik mark för framtagning av riktlinjer för val av markberedningsmetod. Exempel på sådana faktorer är tillgänglig maskinpark, traktens areal och hur omkringliggande trakter ser ut.

Med anledning av den goda tillgången på användbara planteringspunkter utan markberedning kan plantering utan markberedning ses som ett möjligt förnyingsalternativ på den blockrika marken, åtminstone om skogsägaren inte har tillgång till markberedningsteknik som ger planteringspunkter av hög kvalitet.

## REFERENSER

- Andersson, S-O. (1976). *En studie av miljöns betydelse för granplantors tillväxt på ett hygge i östra Svealand*. Stockholm: Institutionen för skogsskötsel, Skogshögskolan (Rapporter och Uppsatser 1976:8).
- Anon. (2013). *Manual för uppföljning av miljöhänsyn vid avverkning*. Stora Enso Skog.
- Berg, S. (1995). *Terrängtypsschema för skogsarbete*. Uppsala: Skogforsk.
- Berg, S. & Wickström, R. (1979). *Markberedning i svår terräng*. Stockholm: Forskningsstiftelsen Skogsarbeten (Redogörelse, 1979:7).
- Bergvik Skog (2014). *Plantering*. <http://www.bergvikskog.se/skog-mark-vatten/skogsbruk/plantering/> [2014-11-30]
- BillerudKorsnäs. (2013). *Plantering – en handledning från BillerudKorsnäs*. [Elektronisk] Tillgänglig: <http://www.billerudkorsnas.se/Global/BillerudKorsn%C3%A4sSkog/Handledingar/Handling%20Plantering%2026%20aug%202013.pdf> [2014-11-12]
- Bäcke, J., Larsson, M., Lundmark, J-E. & Örlander, G. (1986). *Ståndortsanpassad markberedning – teoretisk analys av några markberedningsprinciper*. Spånga: Forskningsstiftelsen Skogsarbeten (Redogörelse, 1986:3).
- Djupström, L. (2011). *Nyttan av död ved vid slutavverkning*. Skogforsk Resultat nr 2-2011. [Elektronisk] Tillgänglig: <http://www.skogforsk.se/kunskap/kunskapsbanken/2011/Nyttan-av-dod-ved-vid-slutavverkning/> [2014-12-05]
- Edholm, A. (2012). *Kartläggning av markberedning i svår terräng på SCA Skog*. Sveriges lantbruksuniversitet. Skogsvetenskapliga fakulteten/Skogsmästarprogrammet (Examensarbete 2012:10)
- Gullberg, T. (2002). *Kranspetsmonterad markberedningsteknik som komplement eller alternativ i blockig terräng*. Garpenberg: Högskolan Dalarna, Avdelningen för Skog och Träteknik (Rapport, 16:2002).
- Hagner, M. & Hansson, B. (1987). *Överlevnad och tillväxt hos tallplantor med insekts- och uttorkningsskydd planterade direkt i humustäcket på nyavverkade hyggen*. Umeå: Institutionen för skoglig produktionslära Umeå Universitet (Rapport nr 138).
- Hagner, M. & Jonsson, C. (1995). Survival after Planting Without Soil Preparation for Pine and Spruce Seedlings Protected from *Hylobius abietis* by Physical and Chemical Shelters. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 10, ss. 225-234.
- Hallsby, G. (2013). *Skogsskötselserien nr 3, Plantering av barrträd*. [Elektronisk] 2. omarb. uppl. Jönköping: Skogsstyrelsens förlag. Tillgänglig: <http://www.skogsstyrelsen.se/Aga-och-bruka/Skogsbruk/Skogsskotselserien/Plantering-av-barrtrad/> [2014-09-25]
- Holm, S. (2012). *Försöksplanering och Linjära modeller*. Institutionen för skoglig resurshushållning, SLU.
- Jonsell, M., Weslien, J. & Ehnström, B. (1998). Substrate requirements of red-listed saproxylic invertebrates in Sweden. *Biodiversity and Conservation* [Elektronisk], vol. 7, ss. 749-764. Tillgänglig: <http://link.springer.com/article/10.1023/A:1008888319031> [2014-12-05]
- Kubin, E. & Kempainen, L. (1994). *Effect of soil preparation of boreal spruce forest on air and soil temperature conditions in forest regeneration areas*. Helsingfors: The Finnish Society of Forest Science & The Finnish Forest Research Institute (Acta Forestalia Fennica, 1994:244).
- Lundmark, J-E. (2006). *Val av markberedningsmetod med hänsyn till markegenskaperna. Ståndortsanpassad markberedning*. Inledningsanförande vid NSFP-temadag i Tammerfors den 23 mars 2006.

- Martikainen, P., Siitonen, J., Punttila, P., Kaila, L. & Rauh, J. (2000). Species richness of Coleoptera in mature managed and old-growth boreal forests in southern Finland. *Biological Conservation* [Elektronisk], vol. 94, ss. 199-209. Tillgänglig: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006320799001755#> [2014-12-05]
- Mattsson, S. & Larsson-Stern, M. (2010). *Instruktion för markberedning och maskinell sådd*. Sveaskog.
- Nordlander, G., Örlander, G., Petersson, M. & Hellqvist, C. (2008). *Skogsskötselåtgärder mot snytbagge. Version 1.3*. [Online] Tillgänglig: <http://www2.ekol.slu.se/snytbagge/handbok.php> [2014-12-19]
- Normark, E. (2011). *Riktlinjer för uthålligt skogsbruk*. [Elektronisk] 4. omarb. uppl. Örnsköldsvik: Holmen Skog. Tillgänglig: [http://www.holmen.com/Global/Holmen%20documents/Skog/Trycksaker/Holmen\\_skog\\_riktlinjer\\_for\\_uthalligt\\_skogsbruk\\_2011.pdf?15890](http://www.holmen.com/Global/Holmen%20documents/Skog/Trycksaker/Holmen_skog_riktlinjer_for_uthalligt_skogsbruk_2011.pdf?15890) [2014-11-11]
- Odin, H. (1969). *Hyggesstruktur och mikroklimat*. Särtryck från kurskompendium 1969: Föreningensfrågor i det mekaniserade skogsbruket. Sveriges Jägmästares och Forstmästares Riksförbunds Fortbildnings AB & Institutionen för skogsförening.
- Petersson, M. & Lindén, M. (2010). *Markberedningsstandard för plantering*. [Elektronisk] Växjö: Södra. Tillgänglig: <http://skog.sodra.com/Documents/Broschyrer%20och%20faktablad/Markberedningsstandard.pdf> [2014-11-11]
- Samuels, M L. & Witmer, J A. (2003). *Statistics for the life sciences*. 3 ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson Education.
- Samuelsson, J. & Ingelög, T. (1996). *Den levande döda veden - bevarande och nyskapande i naturen*. Uppsala: ArtDatabanken, SLU.
- SCA. (u.å.). *För dig som väljer att plantera själv*. [Elektronisk] Tillgänglig: <http://www.sca.com/Global/SCA-Skog/PressPublikationer/PDF/press/Broschyrer/Planteringstips.pdf?epslanguage=sv> [2014-11-11]
- Skogforsk, LRF Skogsägarna & Skogsstyrelsen (2012-08-01). *Ytstruktur*. <http://www.skogforsk.se/KunskapDirekt/Alla-Verktyg/Ytstruktur/?si=DFED0F626AD13C57814A2524475FC8B6&rid=356684278&sn=SFSearchIndex> [2014-05-21]
- Skogsstyrelsen (2014a). *Använd föryngringsmetod, som andel av avverkad areal (%), med fördelning på regioner och ägarklass. Föreningens inventerade 2011/2012-2013/2014<sup>1</sup>*. [http://www.skogsstyrelsen.se/Myndigheten/Statistik/Ämnesområden/Skogsvård\\_och\\_miljöhänsyn/Tabeller\\_och\\_figurer/6.09\\_Använd\\_föryngringsmetod,\\_som\\_andel\\_av\\_avverkad\\_areal,\\_1999-.xls](http://www.skogsstyrelsen.se/Myndigheten/Statistik/Ämnesområden/Skogsvård_och_miljöhänsyn/Tabeller_och_figurer/6.09_Använd_föryngringsmetod,_som_andel_av_avverkad_areal,_1999-.xls) [2014-11-26]
- Skogsstyrelsen (2014b). *Andel av föryngringsavverkad areal som är markberedd (%) per föryngringsmetod, 2011/2012-2013/2014<sup>1</sup>*. [http://www.skogsstyrelsen.se/Myndigheten/Statistik/Ämnesområden/Skogsvård\\_och\\_miljöhänsyn/Tabeller\\_och\\_figurer/6.08\\_Andel\\_av\\_föryngringsavverkad\\_areal\\_som\\_är\\_markberedd\\_per\\_föryngringsmetod,\\_1999-.xls](http://www.skogsstyrelsen.se/Myndigheten/Statistik/Ämnesområden/Skogsvård_och_miljöhänsyn/Tabeller_och_figurer/6.08_Andel_av_föryngringsavverkad_areal_som_är_markberedd_per_föryngringsmetod,_1999-.xls) [2014-11-26]
- Skogsstyrelsen (2014c) *Skogsvårdslagstiftningen Gällande regler 1 september 2014*. [Elektronisk] Jönköping: Skogsstyrelsen. Tillgänglig: <http://www.skogsstyrelsen.se/Myndigheten/Om-oss/Lag-och-ratt/> [2014-12-18]
- Stokland, J. N., Siitonen, J. & Jonsson, B. G. (2012). *Biodiversity in Dead Wood*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Stora Enso. (2007). *Att markbereda för plantering*. Stora Enso Skog.

- Sutherland, B.J. & Foreman, F.F. (1995). *Guide to the Use of Mechanical Site Preparation Equipment in Northwestern Ontario*. [Elektronisk]. Sault Ste. Marie: Publication Services Natural Resources Canada Canadian Forest Service-Sault Ste. Marie Great Lakes Forestry Centre. Tillgänglig: <http://www.cfs.nrcan.gc.ca/publications/download-pdf/9279> [2014-09-18]
- Svenska FSC. (2013). *FSC-certifieringens bidrag till biologisk mångfald*. [Elektronisk]. Svenska FSC. (Rapport 2:2013). Tillgänglig: <http://se.fsc.org/rapporter.289.htm> [2014-10-30]
- Svenska PEFC. (2012). *Svensk PEFC Skogsstandard PEFC SWE 002:3*. [Elektronisk] Tillgänglig: <http://pefc.se/wp-content/uploads/2010/11/n-pefc%20swe%20002%20-%20svensk%20pefc%20skogsstandard%20120801.pdf> [2014-10-30]
- Sveriges Lantbruksuniversitet (2007-02-10a). *Frekvenstabell för ytblockighetsklasser*. <http://www-markinfo.slu.se/sve/mark/block/areal/yt3frqfr.htm> [2014-05-02]
- Sveriges Lantbruksuniversitet. (2007-02-10b). *Frekvenskarta för ytblockighetsklassen: Storblockigt-Blockrikt*. <http://www-markinfo.slu.se/sve/mark/block/blostr.html> [2014-05-02]
- Sveriges Lantbruksuniversitet. (2007-02-10c). *Definition*. <http://www-markinfo.slu.se/sve/mark/block/skblock.html> [2014-09-29]
- Söderström, V. (1976). *Markvärme – en minimifaktor vid plantering*. Stockholm: Forskningsstiftelsen Skogsarbeten (Redogörelse, 1976:6, ss. 16-22).
- Söderström, V. (1979). *Ekonomisk skogsproduktion Del 2. Föryngring*. 2. uppl. Stockholm: LTs förlag.
- Örlander, G. (1985). *Plantering- en fråga om vattenupptagning*. Uppsala: Sveriges Lantbruksuniversitet (Skogsakta, Biologi och skogsskötsel 1985:28).
- Örlander, G. (1986). *Effect of planting and scarification on the water relations in planted seedlings of Scots pine*. Uppsala: Sveriges Lantbruksuniversitet (Studia Forestalia Suecica, 1986:173).
- Örlander, G. & Gemmel, P. (1989). Markberedning. *Sveriges skogsvårdsförbunds tidskrift*, 89:3, ss. 1-53.
- Örlander, G., Gemmel, P. & Wilhelmsson, C. (1991). *Markberedningsmetodens, planteringsdjupets och planteringspunktens betydelse för plantors etablering i ett område med låg humiditet i södra Sverige*. Umeå: Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för Skogsskötsel (Rapporter nr 33).

## Muntliga referenser

- Schmalholz, M. (2014). Miljöchef Stora Enso Skog. Personlig kommentar.
- Stattin, E. (2014). Skogsskötselspecialist Stora Enso Skog. Personlig kommentar.
- Stattin, E. & Schmalholz, M. (2014). Skogsskötselspecialist & Miljöchef Stora Enso Skog. Personlig kommentar.

## SENASTE UTGIVNA NUMMER

- 2014:13 Författare: Maja Johansson  
De närboendes besöksvanor och attityder till naturområdet Stadsliden i centrala Umeå.  
En kvantitativ enkätstudie med kompletterande kvalitativa intervjuer
- 2014:14 Författare: Caroline Haglund  
Lövskogsmålen i FSC-certifierat skogsbruk – tolkning, uppföljning och skötseldirektiv
- 2014:15 Författare: Ragna Wennström  
LandPuck™-systemets ekonomiska konkurrenskraft jämfört med tallplantering i norra Sverige
- 2014:16 Författare: Anton Ahlström  
När cykelstigen kom till byn. En fallstudie i Arvidsjaurs kommun
- 2014:17 Författare: Andreas Brihem  
Fältskiktsvegetationen 30 år efter beståndsanläggning – effekter av olika nivå på skogsskötselintensitet
- 2014:18 Författare: Daniel Regemar  
Förutsättning för prediktion av NPK+, Blå målklass och vattenkemi utifrån GIS-analys?
- 2014:19 Författare: Shu Yao Wu  
The effects of soil scarification on humus decomposition rate in forests in British Columbia, Canada
- 2014:20 Författare: Wolfgang Nemeč  
The growth dynamics of Douglas fir in Sweden and Finland – Application of the 3-PG stand growth model
- 2014:21 Författare: Jennifer McGuinness  
Effect of planting density and abiotic conditions on yield of *Betula pendula* and *Pinus sylvestris* seedlings in monoculture and mixture
- 2014:22 Författare: Emil Mattsson  
Zonerat skogsbruk – en möjlighet för Sverige
- 2014:23 Författare: Emma Borgstrand  
Plantors och trädets tillväxt efter schackrutehuggning och i konventionellt trakthyggesbruk
- 2014:24 Författare: Fredrik Eliasson  
Förutsättningar för virkesinriktad skogsodling med inhemska trädslag i Peru
- 2014:25 Författare: Torun Bergman  
Markanvändning och ekosystemtjänster i en gradient från borealt till alpint landskap – Vilhelmina Model Forest
- 2014:26 Författare: Molly Nord Gårdman  
Enskilda privata skogsägares inställning till skogsgödsling i Västerbottens län
- 
- 2015:1 Författare: Anders Henriksson  
Kan markfuktighetskartor användas för att hitta skogsmark med hög bonitet? – Ett GIS-baserat försök med DTW-index och laserskannad övre höjd

Hela förteckningen på utgivna nummer hittar du på [www.seksko.slu.se](http://www.seksko.slu.se)