



# Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 925–2017

## Högläggning med tre-och fyruddigt rivhjul

Mounding with three- and four-pointed mattock wheels

Rebecka Mc Carthy, Fredrik Johansson och Isabelle Bergkvist

# Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 925–2017

I serien Arbetsrapport finns bakgrundsmaterial, metodbeskrivningar, resultat, analyser och slutsatser från både pågående och avslutad forskning.

## Titel:

Högläggning med tre- och fyruddigt rivhjul.

Molunding with three- and four-pointed mattock wheels.

## Bildtext:

Högläggare treuddigt respektive fyruddigt drivhjul.

Fotograf: Fredrik Johansson, Skogforsk.

## Ämnesord:

Kostnad, Markberedning, markförhållanden, rivhjul, treradig högläggare.

Cost, Soil preparation, Site condition, Mattock wheel, Three-row moulder.

## Redigering och formgivning:

Ingegerd Hallberg

© Skogforsk 2017

ISSN 1404-305X



# SKOGFORSK

Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala

Tel: 018-18 85 00 Fax: 018-18 86 00

skogforsk@skogforsk.se

skogforsk.se



**Rebecka Mc Carthy.** SkogD. Forskar inom området etablering och tidig skötsel av snabbväxande lövträdsbestånd.



**Fredrik Johansson,** Jägmästare. Har erfarenhet av flödesplanering, produktion och transport från tidigare anställningar på Weda skog AB, AB Karl Hedin och Skogsåkarna.



**Isabelle Bergkvist,** jägmästare. Programchef för Skogskötselprogrammet.

## Abstract

Mechanical soil preparation increases plant survival and is a commonly used measure in forest regeneration. Mounding increases the rate of mineralisation and creates a raised planting spot, which increases growth and reduces vegetation competition.

Mechanical soil preparation with a pulled moulder usually gives good results on suitable soils. Previously, the mattock wheels were fitted with digging "teeth", whose efficiency decreased as they became worn, but the latest generation of digging plates retain the same degree of sharpness throughout their lifespan. This improvement has revived interest in reducing the number of points on the mattock wheel from four to three, because the digging plates are thought to improve the quality of the mounds. The advantage of a three-pointed mattock wheel is that they dig deeper, but the distance between the mounds is greater. The four-pointed mattock wheel produces closer spacing, but dig shallower in the soil.

The aim of this study was to investigate whether the quality of planting spots changes when a three-pointed mattock wheel is used for soil preparation instead of a four-pointed. The study was carried out on three sites of varying soil preparation difficulty in Hälsingland, Sweden. A three-armed moulder was fitted with one of each type of mattock wheel on the outer arms. The quality and length of soil preparation spots was studied, and the soil-impact and the performance was estimated.

The results showed that site conditions affected the proportion and number of approved planting spots, but the area of soil affected by the mechanical soil preparation was similar on all sites. The four-pointed mattock wheel gave a higher proportion of planting spots in the lowest class for approval (43 percent), while the three-pointed gave a larger proportion of planting spots of the highest quality (45 percent). However, the total number of approved spots was greater for the four-pointed mattock wheel (2,300 spots per hectare) than for the three-pointed (2,000 spots per hectare). This means that the three-pointed mattock wheel must be pulled a longer distance to produce the same number of planting spots.

The performance estimate indicated that the distance would need to be 17 percent longer to produce the same number of planting spots using a three-pointed mattock wheel, corresponding to a 12 percent increase in costs compared with the four-pointed. If the smaller number of planting spots with a three-pointed mattock wheel is acceptable, the cost is the same, but there is a larger proportion of points of the highest quality.

Further research is needed to investigate whether driving speed and fuel consumption, and thereby costs, vary for the same driving distance in soil preparation using the two different types of mattock wheels.



## Innehåll

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| Sammanfattning.....                                                      | 2  |
| Bakgrund .....                                                           | 3  |
| Syfte.....                                                               | 4  |
| Material och metoder.....                                                | 4  |
| Statistisk analys.....                                                   | 7  |
| Resultat .....                                                           | 7  |
| Antal planteringspunkter .....                                           | 7  |
| Kvalitetsklassning av planteringspunkter .....                           | 7  |
| Antal planteringspunkter per hektar .....                                | 8  |
| Anledning till nedklassning av kvalitetsklass .....                      | 9  |
| Markpåverkan med olika rivhjul .....                                     | 10 |
| Kostnadsberäkning .....                                                  | 11 |
| Produktivitet och kostnad för ökad kvalitet på planteringspunkterna..... | 11 |
| Diskussion .....                                                         | 13 |
| Kommentarer kring förhållandena i försöken.....                          | 14 |
| Slutsatser.....                                                          | 14 |
| Referenser.....                                                          | 15 |

## Sammanfattning

Markberedning ökar chansen för överlevnad av plantor och är en vanlig åtgärd vid förnygring. Högläggning ökar takten av mineralisering och tillhandahåller en upphöjd planteringspunkt vilket medför en ökad tillväxt och mindre vegetationskonkurrens. Markberedning med dragna högläggare ger oftast ett gott resultat på lämpliga marker. Tidigare var rivhjulen utrustade med ”grävtänder”, vilka blev mindre effektiva när de blev slitna. Den senaste utvecklingen har varit att förse rivhjulen med ”grävplattor” som håller samma skärpa under hela livslängden. Utveckling med grävplattor har återigen gjort det intressant att minska antalet uddar på rivhjulet från fyra till tre. Fördelen med treuddigt rivhjul är att de ger en djupare markberedning, dock med ett glesare förband. De fyruddiga rivhjulen ger istället ett tätare förband, men med en grundare markberedning.

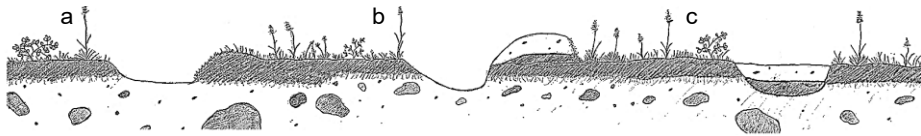
Syftet med den här studien var att undersöka om kvaliteten av planteringspunkterna förändras när man markbereder med ett treuddigt i stället för fyruddigt rivhjul. Studien utfördes på tre trakter av varierande svårighetsgrad för markberedning i Hälsingland. En trearmad högläggare utrustades med ett av vardera sortens rivhjul på ytterarmarna. Kvaliteten och längden av markberedningspunkterna studerades och markpåverkan samt markberedningsprestation uppskattades.

Resultaten från den här studien visade att markförhållandena påverkade andelen och antalet godkända punkter, men arean påverkad mark var likvärdig på alla trakter. Det fyruddiga rivhjulet gav en högre andel punkter i den lägsta klassen för godkänd planteringspunkt (43 procent), medan det treuddiga rivhjulet gav en större andel punkter av högsta kvalitet (45 procent). Dock var det totala antalet godkända punkter större för det fyruddiga rivhjulet (2 300 punkter per hektar) än för det treuddiga (2 000 punkter per hektar). Detta resulterar i att en längre sträcka måste köras för att samma antal planteringspunkter ska produceras med det treuddiga rivhjulet. Uppskattningen av prestation pekade på att en 17 procent längre körsträcka krävs för att uppnå samma antal punkter med ett treuddigt rivhjul och att det medför en 12-procentig kostnadsökning jämfört med ett fyruddigt rivhjul. Om man däremot accepterar ett lägre antal punkter med ett treuddigt rivhjul är kostnaden densamma, men man får en högre andel punkter av högsta kvalitet. Vidare forskning krävs dock för att ta reda på om körhastigheten och bränsleförbrukningen och således kostnaden är densamma för samma körsträcka vid markberedning med de två olika typerna av rivhjul.



## Bakgrund

Markberedning är ofta ett krav för att lyckas med återväxten av skog efter avverkning. De vanligaste metoderna på svensk skogsmark är harvning och högläggning, men också fläck- och inversmarkberedning förekommer (Figur 1). Den generella effekten av markberedning är reducerad vegetationskonkurrens, frigörelse av näringsämnen och en ökad marktemperatur, vilket stimulerar rotutvecklingen och tillväxten hos plantorna (Örlander m.fl., 1990; Nilsson m.fl., 2010; Löf m.fl., 2012).



Figur 1.

Illustration av olika markberedningstyper: a) fläckmarkberedning, b) högläggning, och c) inversmarkberedning.

Markberedning med dragna högläggare ger oftast ett gott resultat på lämpliga marker. Dock är resultatet väldigt beroende av att aggregaten är korrekt inställda och att förarna arbetar aktivt med olika körprogram för att anpassa aggregatsinställningarna utifrån hur förutsättningarna varierar över trakterna. Som i ett led att utveckla högläggarnas prestation utvecklades fyruddigt rivhjul mot det traditionella treuddigt. De fyruddade ger i regel fler markberedningspunkter per löpmeter körd sträcka och därmed kan prestationen (hektar per timme) öka något. Nackdelen är att aggregaten kan bli mer känsliga för korrekt inställning samt att de fyruddade hjulen inte klarar mark med tjockt torvtäcke lika bra som de treuddiga hjulen. Grovt förenklat kan man beskriva skillnaderna mellan de olika hjulen som att de fyruddade kan gräva ”grunt men tätt” i längdled, medan de treuddade kan gräva ”djupare men glesare”. Glesare högar gav tidigare för få planteringspunkter med hög kvalitet, vilket gjorde att man ändå föredrog fyruddade hjul.

Den senaste utvecklingen har varit att förse rivhjulen med ”grävplattor” i stället för ”grävmaskinständer” (Figur 3). Grävmaskinständerna är effektiva så länge de är vassa men desto trubbigare tänderna blev desto svårare är det att nå ett gott resultat i synnerhet på svårbearbetade marker (pers. medd. Eurenus S. Bracke Forest, 2016). På senare år har alltså tänderna ersatts med grävplattor som håller samma skärpa under hela livslängden. En annan fördel med plattorna är att de skär ner i marken snabbare än tänderna. Detta borde innebära att en större andel av markberedningshögar resulterar i planteringspunkter av hög kvalitet.

I och med utvecklingen med grävplattor har det återigen blivit intressant att testa treuddiga rivehjul eftersom den större andelen lyckade planteringspunkter borde innebära att något färre högar per hektar ändå resulterar i tillräckligt många högkvalitativa planteringspunkter. Det görs även gällande från tillverkarna Bracke Forest att treuddigt rivehjul är lättare att justera för ett bra resultat än de fyruddade rivehjulen (Pers. medd. Jämförelse rivehjul, Eurenus S. Bracke Forest, 2015).

Bracke Forest har därför tagit fram ett treuddigt aggregat med grävplattor för test och jämförelse av kvalitet och produktivitet jämfört med fyruddigt aggregat.

## Syfte

Syftet med den här studien är att jämföra markberedningsresultat mellan treuddigt och fyruddigt rivehjul. Studien syftar specifikt till att:

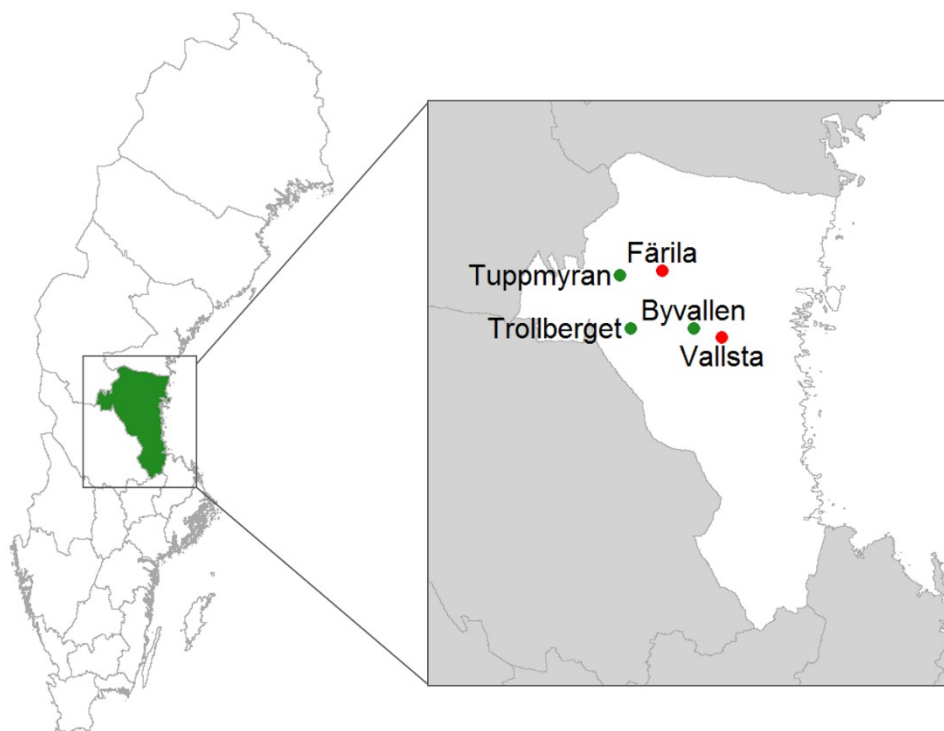
- Undersöka kvalitet på planteringspunkterna (enligt SCA:s definition) beroende på rivehjulshandling och markförhållanden (medelmark, svår och fuktig mark).
- Studera skillnader i längdled mellan planteringspunkterna beroende på rivehjulshandling.
- Uppskatta skillnader i andelen påverkad mark (per hektar) beroende på rivehjulshandling enligt definition i polytax 5:7.
- Ge ett beräkningsunderlag för markberedningsprestation och kostnad, d.v.s. hur lång sträcka markberedning som krävs för ett visst resultatmål (antal plantor per hektar) med respektive rivehjulshandling.

## Material och metoder

Studien utfördes på tre trakter i närheten av Vallsta och Färila i Hälsningland (Figur 2). Tuppmýran hade en mark som klassades som en medelmark i svårhetsgrad att markbereda. Trollberget klassades som svårmarkberedd på grund av sten, medan Byvallen var en fuktig mark med torv. På försöksmarkerna fanns en del ris kvar vid studierna, större hinder som uppskattades som begränsande (träd och lågor) togs dock bort innan studien genomfördes.

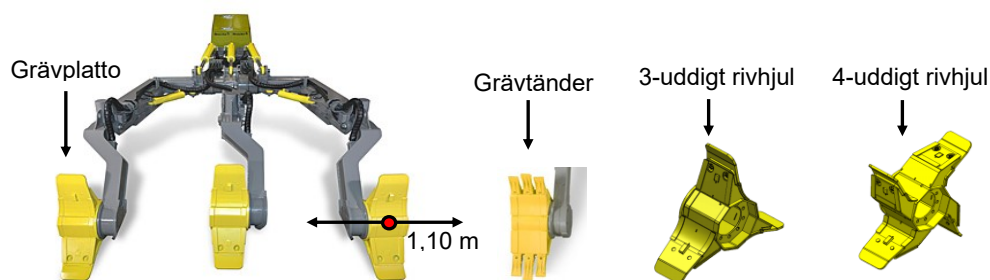
Varje trakt delades in i tre block med liknande förutsättningar för markberedning. Blockindelningen gjordes för att ta hänsyn variation inom trakten.





Figur 2.  
Karta över trakterna Byvallen, Trollberget och Tuppmýran (grön) i Gävleborgs län (Hälsingland och Gästrikland). De röda punkterna representerar de närliggande orterna Färila och Vallsta.

I försöket användes den 3-radig högläggare Bracke M36.a (Figur 3). På respektive ytterarm monterades treuddigt respektive ett fyruddigt rivhjul (mittenhjulet exkluderades från studien). Rivhjulen var utrustade med grävplattor. Varje rivhjul hade ett avstånd på 1,10 meter från centrum av rivhjulet till mitten av mellanzonerna (Figur 3). Det ska dock noteras att ytterarmarna är flexibla och att avståndet därför kan variera. På alla tre trakter utförde en erfaren maskinförare från Vallsta Skogsmaskiner AB markberedningen under 10–14 oktober 2016 på Holmens mark och hos en privat markägare. Studieleiden mättes in och utvärderades av Skogforsk, Fredrik Johansson och Jonas Persson.



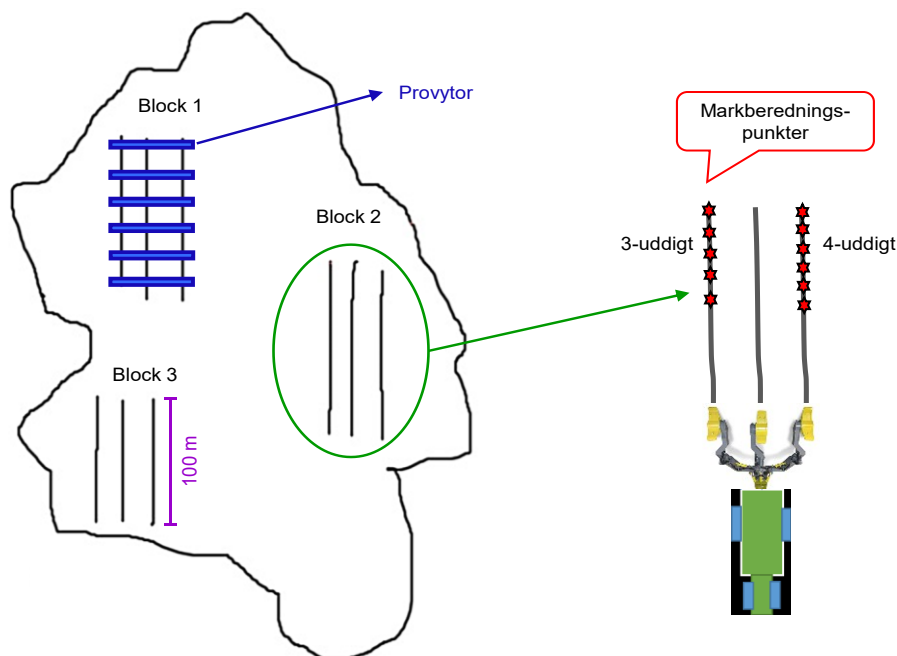
Figur 3.  
Den tre-radiga markberedaren Bracke M36 med grävplattor från Bracke Forest (vänster) som användes i försöket utrustad med tre- och fyruddigt rivhjul (höger). I mitten en illustration på grävtänder ("catex-tänder"). Modifierade bilder från Bracke Forest AB.

Alla markberedningspunkter registrerades och kvaliteten på punkterna registrerades i fyra klasser längs en 100 meter lång sträcka för respektive rivhjul, block och trakt (Figur 4). De fyra kvalitetsklasserna applicerades enligt SCA:s instruktion ”Så här ska du markbereda för plantering”:

- 0) Ej godkänd markberedning.
- 3a) Fläcken domineras av mineraljord med planteringspunkt över eller i marknivå. Fläcken ska vara minst  $2 \times 2$  decimeter stor.
- 4) Omvänd torva minst  $2 \times 2$  decimeter och med mineraljordstäckning på  $1 \times 1$  decimeter.
- 5) Omvänd torva minst  $2 \times 2$  decimeter och mineraljordens tjocklek ska vara minst 3 centimeter men inte mer än 10 centimeter.

Ingen kvalitetsklass som är godkänd enligt SCA:s instruktion får egentligen vara mer än  $7 \times 7$  decimeter. I den här studien uppmättes totalt 11 punkter som var för stora, men dessa har ändå inkluderats som godkända punkter enligt övriga klassificeringskriterier.

I syfte att bedöma andelen påverkad mark i förhållande till antalet markberedningspunkter mättes markpåverkan i rektangelprovytor var 20:e meter. Provytorna placerades tvärs över markberedningsriktningen där arealen påverkad mark mättes in (längd och bredd) för respektive studieled (Figur 4). Längden på provytorna var 2 meter och bredden motsvarade avståndet mellan de yttre markberedningshjulen plus 30 centimeter på varje yttersida (för att kompensera för ”vingel”). Provytorna slumpades ut från ena blockändan. Medel från varje block användes för att beräkna andelen påverkad mark efter markberedningen.



Figur 4.  
Illustration av försöksupplägget på tre- och fyruddigt rivhjul på en av tre trakter. Varje trakt delades in i tre block (1–3) där alla markberedningspunkter (röd stjärna) räknades och klassificerades längs en 100 meter lång sträcka. Dessutom lades rektangulära provytor (blå rektangel) ut där andelen mark påverkad från markberedningen mättes.

## STATISTISK ANALYS

Effekter av traktens och rivhjulsbehandlings påverkan på studerade variabler (bl.a. kvalitetsklassen av markberedningspunkterna, arean påverkad mark, etc.) analyserades med "mixed model" med block som slumpmässigt ("random") i statistikprogrammet R.

## Resultat

### ANTAL PLANTERINGSPUNKTER

Antalet försök till markberedningspunkter varierade i medel från 115 för treuddigt rivhjul upp till 156 för fyruddigt rivhjul (Tabell 1). Medelavståndet mellan dessa punkter låg mellan 1,9 och 2,4 meter.

Tabell 1.

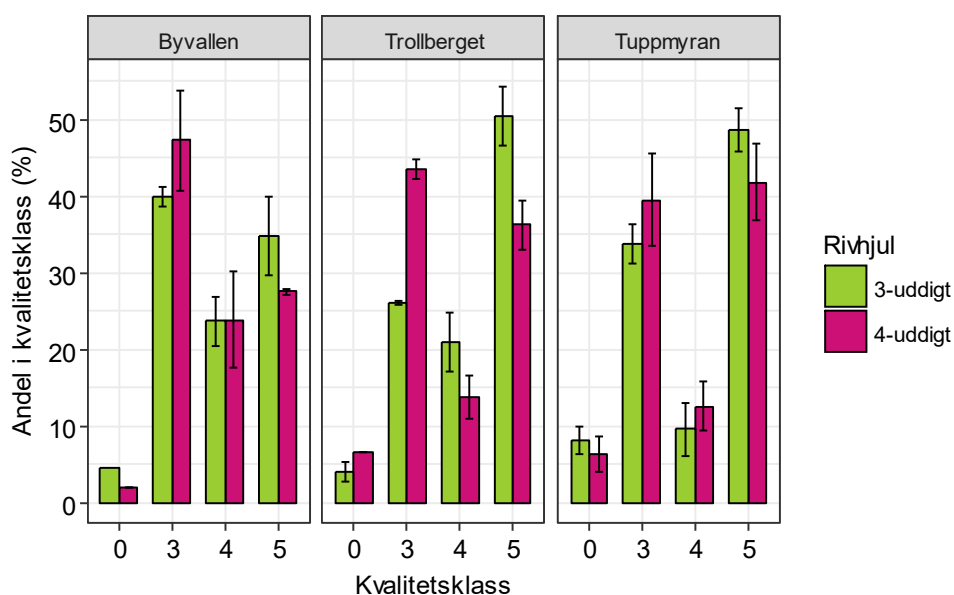
Totalt antal planteringspunkter som producerats av respektive rivhjul per block (totalt 100 meter per block). Standardavvikelse och medelfelet av antalet planteringspunkter, samt medelavståndet (meter) i längdled mellan punkterna.

| Trakt                    | Behandling (rivhjul) | Antal punkter | Medelavstånd i längdled (m) | Standardavvikelse | Medelfel |
|--------------------------|----------------------|---------------|-----------------------------|-------------------|----------|
| Byvallen, fuktig mark    | 3-uddigt             | 135           | 2,2                         | 5,6               | 1,8      |
| Byvallen, fuktig mark    | 4-uddigt             | 156           | 1,9                         | 9,1               | 2,7      |
| Trollberget, stenig mark | 3-uddigt             | 115           | 2,6                         | 6,7               | 2,0      |
| Trollberget, stenig mark | 4-uddigt             | 138           | 2,2                         | 7,5               | 2,2      |
| Tuppmysan, medelmark     | 3-uddigt             | 125           | 2,4                         | 7,7               | 2,2      |
| Tuppmysan, medelmark     | 4-uddigt             | 144           | 2,1                         | 8,5               | 2,5      |

### KVALITETSKLASSNING AV PLANTERINGSPUNKTER

Andelen godkända planteringspunkter varierade mellan trakterna ( $P = 0,003$ ). Byvallen hade en något högre grad punkter som var godkända (99 procent) jämfört med Tuppmysan (93 procent), medan Trollberget hamnade mitt emellan de andra två trakterna (95 procent). Byvallen hade flest punkter i *Klass 3 och 4* (44 respektive 24 procent av punkterna) medan Trollberget och Tuppmysan hade störst andel punkter i *Klass 5* (43 respektive 45 procent). De ej godkända punkterna skiljde sig inte åt mellan trakterna.

Andelen planteringspunkter i olika kvalitetsklasser skiljde sig också åt beroende på rivhjulsbehandling ( $P < 0,001$ ). I *Klass 3* hade det fyruddigt rivhjulet större andel punkter än det treuddigt, medan det i *Klass 5* var det omvända förhållandet (Figur 5). Andelen punkter i *Klass 5* ökade från 35 procent till 45 procent när ett treuddigt rivhjul användes i stället för ett fyruddigt. I de övriga kvalitetsklasserna hittades ingen effekt av antalet uddar på aggregatet.



Figur 5.

Andelen planteringspunkter i respektive kvalitetsklass och behandling (treuddigt och fyruddigt rivhjul). Kvalitetsklass 5 är högst kvalitet följt av Klass 4 och 3. Klass 0 är ej godkänd planteringspunkt. Precisionen på medelvärdet visas genom  $\pm$  medelfelet i barena (saknas där ingen variation fanns eller där medelfelet är 0).

## ANTAL PLANTERINGSPUNKTER PER HEKTAR

Antalet godkända planteringspunkter per hektar skiljde sig åt mellan trakterna ( $P < 0,001$ ) och typ av rivhjul ( $P < 0,001$ ) (Tabell 2). På den fuktiga marken, Byvallen producerades ett större antal godkända markberedningspunkter jämfört med de andra två trakterna. Det fyruddigt rivhjulet producerade flest godkända planteringspunkter (2 300 per hektar), medan det treuddigt producerade något färre (2 000 punkter per hektar). Detta innebar att antalet treradiga slag också skiljde sig åt mellan trakterna ( $P < 0,001$ ) och rivhjulsbehandlingarna ( $P < 0,001$ ). Byvallen krävde ett lägre antal treradiga slag om 100 meter jämfört med de andra trakterna och det treuddigt rivhjulet krävde fler slag jämfört med det fyruddigt. I medel krävde treuddigt rivhjul cirka 2,5 slag mer per hektar än fyruddigt rivhjul (på en kvadratisk hektar,  $100 \times 100$  meter, Tabell 2).

Antalet planteringspunkter per hektar vid sammanslagning av Kvalitetsklasserna 4 och 5 skiljde sig inte åt mellan trakterna ( $P = 0,791$ ) (Tabell 2). Däremot hade Tuppmýran fler planteringspunkter per hektar än Byvallen i Klass 5 ( $P = 0,036$ ). Även om antalet markberedningspunkter per hektar var större för det treuddigt rivhjulet kunde rivhjulsbehandlingarna inte skiljas åt statistiskt för vare sig Klass 5 ( $P = 0,330$ ) eller 4 och 5 sammanslaget ( $P = 0,677$ ). Observera dock att andelen (procent) av arkberedningspunkterna i Klass 5 var högre för det treuddiga rivhjulet även om det totala antalet inte gav någon effekt på grund av det högre antal markberedningspunkter som producerats av det fyruddiga rivhjulet (se Figur 5 och resultat under *Kvalitetsklassning av planteringspunkter*”).

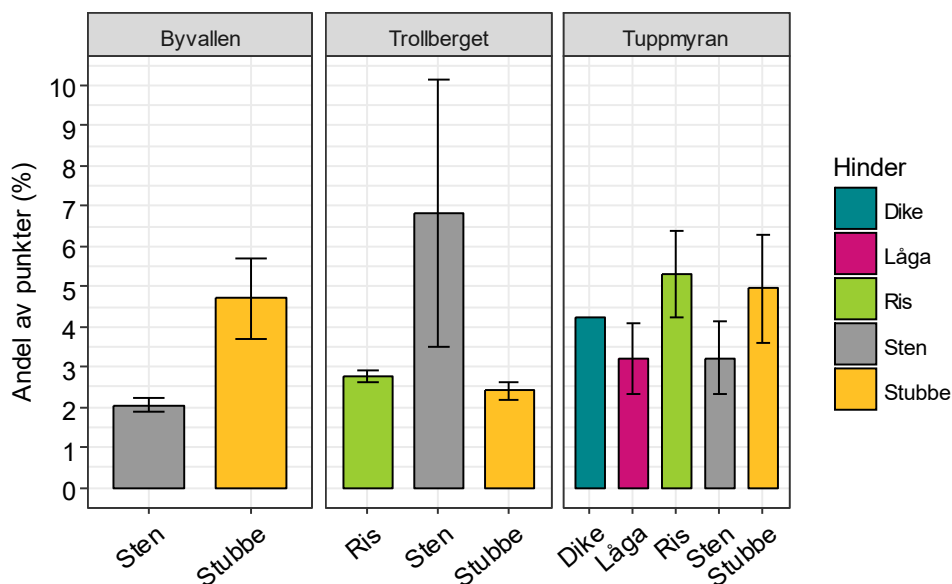
Tabell 2.

Antalet godkända planteringspunkter, antal i *Kvalitetsklass 5*, totalt antal producerade punkter, samt antalet trespåriga slag om 100 meter som behövs för att uppnå 2 000 godkända planteringspunkter. Alla siffror avser antal per hektar.

| Trakt                | Behandling (rivhjul) | Antal godkända punkter | Antal punkter Klass 4–5 | Totalt antal punkter | Antal slag för 2000 godkända punkter |
|----------------------|----------------------|------------------------|-------------------------|----------------------|--------------------------------------|
| Byvallen, fuktigt    | 3-uddigt             | 2 217                  | 1 317                   | 2 250                | 15,0                                 |
| Byvallen             | 4-uddigt             | 2 567                  | 1 333                   | 2 600                | 13,0                                 |
| Trollberget, stenigt | 3-uddigt             | 1 867                  | 1 367                   | 1 917                | 17,9                                 |
| Trollberget          | 4-uddigt             | 2 150                  | 1 150                   | 2 300                | 15,5                                 |
| Tuppmýran, medelmark | 3-uddigt             | 1 917                  | 1 217                   | 2 083                | 17,5                                 |
| Tuppmýran            | 4-uddigt             | 2 250                  | 1 300                   | 2 400                | 14,8                                 |
| Medel per studieled  | 3-uddigt             | 2 000                  | 1 300                   | 2 083                | 16,8                                 |
|                      | 4-uddigt             | 2 322                  | 1 261                   | 2 433                | 14,4                                 |

## ANLEDNING TILL NEDKLASSNING AV KVALITETSKLASS

Ett antal markberedningspunkter klassades ner på grund av hinder i terrängen (Figur 6). Vad som orsakade problem för markberedaren berodde på trakten. I Byvallen var det enbart stenar och stubbar som hindrade markberedaren (totalt 5 procent hinder). I Trollberget var det framför allt sten som orsakade problem (20 procent) inom ett av blocken, men i medel över hela trakten stötte endast 12 procent av markberedningsförsöken på hinder från ris, sten eller stubbe. I Tuppmýran fanns flest typer av hinder och totalt 21 procent av markberedningspunkterna klassades ner på grund av låga, ris, sten eller stubbe. Dessutom fanns ett täckdike som resulterade i att det enbart blev mineraljord i markberedningspunkterna och inte omvänd torva.

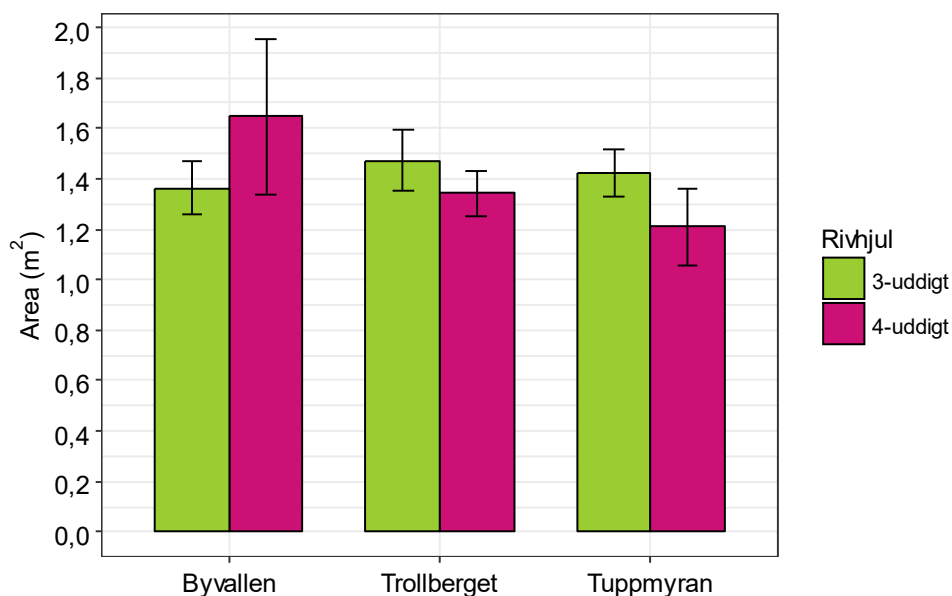


Figur 6.

Andelen planteringspunkter som klassats ner på grund av olika hinder i terrängen. Felstaplarna visar medelfel (saknas för dike där ingen variation fanns).

## MARKPÅVERKAN MED OLIKA RIVHJUL

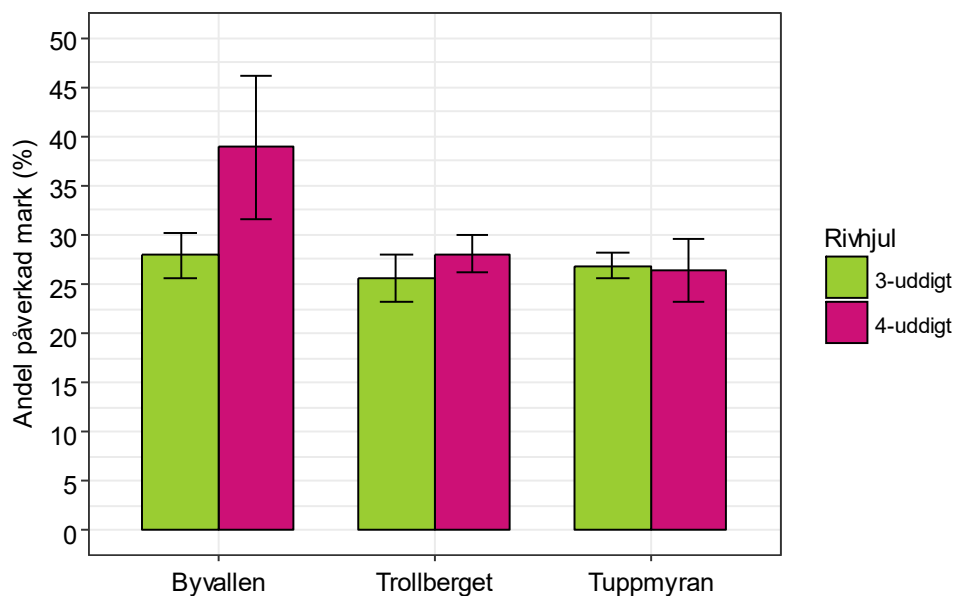
Medelarean mark som påverkats per planteringspunkt skiljde sig inte åt mellan olika rivhjul ( $P = 0,871$ ) eller mellan de olika trakterna ( $P = 0,465$ ) (Figur 7). Arealen påverkad mark låg i medel mellan 0,9 och 2,2 m<sup>2</sup> per planteringspunkt (inklusive både godkända och ej godkända planteringspunkter). Den högre arean uppkom i Byvallen i Block 3 där marken var väldigt fuktigt, vilket orsakade större markpåverkan. Utan denna siffra låg arean påverkad mark mellan 0,9 och 1,7 m<sup>2</sup> per planteringspunkt.



Figur 7.

Medelarea per planteringspunkt som påverkats av markberedningen beroende på trakt och rivhjulsbehandling. Både godkända och ej godkända punkter ingår i figuren. Felstaplarna visar medelfel.

Det var ingen skillnad mellan trakter ( $P = 0,105$ ) eller mellan olika typ av rivhjul ( $P = 0,135$ ) avseende andelen påverkad mark. (Figur 8). Spannet påverkad mark låg mellan 20 och 53 procent. Den högre siffran representerar Block 3 i Byvallen där större påverkan uppstod då marken var väldigt fuktig. Tar man bort detta block låg andelen påverkad mark mellan 20 och 36 procent.



Figur 8.

Medelandelens mark per trakt och rivhjulsbehandling som påverkats av markberedningen i det markerade området. Byvallen var en fuktig mark med torv, Trollberget klassades som svårmarkerad på grund av sten och Tuppmysran hade en mark som klassades som en medelmark i svårhetsgrad att markerad. Felstaplarna visar medelfel.

## Kostnadsberäkning

### PRODUKTIVITET OCH KOSTNAD FÖR ÖKAD KVALITET PÅ PLANTERINGSPUNKTERNA

#### Vid målet 2 000 godkända planteringspunkter

Följande analys är genomförd utifrån resultat och medelvärden i denna studie, samt antaganden om prestation (hastighet) och maskinkostnad.

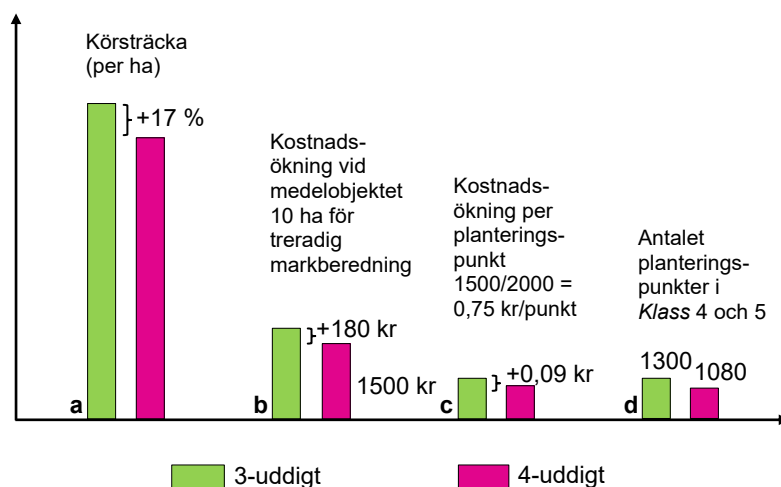
Ur Tabell 2 kan man dra slutsatsen att det krävs cirka 15 slag (3-radig högläggare) med ett fyruddigt rivhjul, för att nå minst 2 000 godkända planteringspunkter. Ett treuddigt rivhjul ger färre planteringspunkter men något högre kvalitet, speciellt på något mer svår markerad mark (Figur 5). Vill man få ut 2 000 godkända planteringspunkter även ur ett treuddigt aggregat, var man i denna studie tvungen att köra cirka 2,5 slag mer, 16,8 slag jämfört med 14,4. Detta ger 17 procent mer körning per hektar (Tabell 3). Detta skulle vid medelobjektet 10 hektar ge 12 procent kostnadsökning, vilket motsvarar 180 kronor per hektar vid antagen prestation och maskinkostnad (Tabell 3).



Tabell 3.  
Kalkyl för kostnadsökning vid 17 procent längre körsträcka.

| Variabel                           | Rivhjul  |          |                              |
|------------------------------------|----------|----------|------------------------------|
|                                    | 3-uddigt | 4-uddigt | 3-uddigt / 4-uddigt, procent |
| Startavgift                        | 4 000    | 4 000    |                              |
| Kronor/timme                       | 1 500    | 1 500    |                              |
| Tidsåtgång per 100 m körning (min) | 3        | 3        |                              |
| Slag                               | 16,8     | 14,4     | 117                          |
| Timme/hektar                       | 0,84     | 0,72     |                              |
| Kronor/hektar                      | 1 260    | 1 080    |                              |
| Hektar                             | 10       | 10       |                              |
| Totalt                             | 16 600   | 14 800   |                              |
| Totalt kronor per hektar           | 1 660    | 1 480    | 112                          |

Medelkostnad för markberedning med en treradig högläggare är cirka 1 500 kronor per hektar. Kalkylen i Tabell 3 ger merkostnaden 180 kronor per hektar och 0,09 kronor per godkänd planteringspunkt (förutsatt 2 000 godkända planteringspunkter per hektar) för utnyttjande av det treuddiga aggregatet. Det treuddiga aggregatet gav dock något högre kvalitet på planteringspunkterna vilket innebär att man för merkostnaden får drygt 200 fler planteringspunkter i *Klass 4 och 5* (Figur 9).



Figur 9.  
Kostnadsberäkning för 2 000 godkända planteringspunkter per hektar vid användande av treuddigt och fyruddigt rivhjul. a) Ökning av körsträcka, b) kostnad per hektar, c) kostnad per planteringspunkt, och d) ökning av högkvalitativa planteringspunkter vid användande av treuddigt i stället för ett fyruddigt rivhjul.

## Vid målet – samma antal slag och samma kostnad

Ett annat sätt att räkna är att sätta antal slag per markberedningskostnaden lika och därmed acceptera att det blir färre godkända planteringspunkter efter ett treuddigt aggregat. I Tabell 4 har antalet slag oavsett aggregat satts till 15 slag. Det innebär att resultatet efter ett fyruddigt aggregat blir minst 2 000 godkända markberedningspunkter. Det treuddiga aggregatet ger vid rådande förutsättningar 1 673–1 985 godkända planteringspunkter, 1 800 i medel, Tabell 4.

Tabell 4.

Antalet planteringspunkter om man kört 15 slag per hektar. Beräknat för treuddigt respektive fyruddigt aggregat. Dessutom beräknat antal godkända punkter respektive antal i Klass 4–5, totalt antal producerade punkter, samt antalet trespåriga slag om 100 meter som behövs för att uppnå 2 000 godkända planteringspunkter.

| Trakt                | Behandling (rivhjul) | Andel godkända punkter av total, procent | Andel punkter Klass 4–5 av total, procent | Totalt antal punkter vid 15 slag | Antal godkända punkter vid 15 slag | Antal punkter i Klass 4–5 vid 15 slag |
|----------------------|----------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
| Byvallen, fuktig     | 3-uddigt             | 98                                       | 59                                        | 2 025                            | 1 985                              | 1 195                                 |
|                      | 4-uddigt             | 99                                       | 51                                        | 2 340                            | 2 317                              | 1 193                                 |
| Trollberget, stenig  | 3-uddigt             | 97                                       | 71                                        | 1 725                            | 1 673                              | 1 225                                 |
|                      | 4-uddigt             | 93                                       | 50                                        | 2 070                            | 1 925                              | 1 035                                 |
| Tuppmýran, medelmark | 3-uddigt             | 92                                       | 58                                        | 1 875                            | 1 725                              | 1 088                                 |
|                      | 4-uddigt             | 94                                       | 54                                        | 2 160                            | 2 030                              | 1 166                                 |
| Medel per rivhjul    | 3-uddigt             | 96                                       | 62                                        | 1 875                            | 1 800                              | 1 163                                 |
|                      | 4-uddigt             | 95                                       | 52                                        | 2 190                            | 2 081                              | 1 139                                 |

## Diskussion

Den här studien visade att det finns skillnader mellan ett tre- och fyruddigt rivhjul och att typen av trakt påverkar resultatet vid markberedning med dessa. Det treuddiga rivhjulet gav en ökad andel, men ett lägre antal punkter i *Klass 5*, vilket stämmer överens med en jämförelse gjord av Bracke Forest (2015). Det här innebär att kvaliteten på punkterna som produceras blir bättre med ett treuddigt rivhjul. I den här studien gav detta rivhjul cirka 2 000 godkända punkter per hektar. Om antalet planteringspunkter inte behöver vara högre än dessa 2 000 punkter blir kostnaden för båda rivhjulen densamma, men antalet punkter i de högre kvalitetsklasserna blir något fler (Tabell 2). Det blir visserligen fler producerade punkter med det fyruddiga rivhjulet, men frågan är om dessa bidrar till en bättre föryngning.

Vill man ha samma antal godkända punkter får man alltså vara beredd att betala mer för den extra körsträckan som tillkommer för det treuddiga rivhjulet. Det innebär också att slagen måste ligga tätare eller att ledarmarna måste låsas med en smalare bredd mellan rivhjulen. För att ytterligare utreda eventuella skillnader i kostnad för respektive rivhjul behöver en mer detaljerad studie utföras med endast en typ av rivhjul monterat på ett aggregat per körning. Då kan bland annat körtid och bränsleförbrukning studeras närmare för respektive rivhjul. Det är möjligt att det treuddiga rivhjulet kan köras snabbare eller mer bränsleeffektivt eftersom det inte fastnar i marken lika ofta och på så vis inte kräver samma tid eller energi för att köra samma sträcka som det fyruddiga rivhjulet.

## KOMMENTARER KRING FÖRHÅLLANDENA I FÖRSÖKEN

**Byvallen, den fuktiga trakten:** Den höga andelen mark som påverkades på grund av fuktförhållanden i ett av blocken i Byvallen betonar vikten av att undvika blötare partier vid markberedning eftersom det kan orsaka markskador. Torven var i Byvallen bitvis tjock och det fanns en svärgenomtränglig rotmatta i den. Trots torven hade Byvallen den högsta andelen godkända planteringspunkter (99 procent), men flest var klassade i den lägsta kvalitetsklassen (*Klass 3*). Det var också en lägre andel hinder på denna trakt, vilket tyder på att rivhjulen ändå ger ett godkänt resultat på den här typen av mark. Dock verkade inget av rivhjulen ge ett bättre resultat än det andra.

**Trollberget, den steniga trakten:** Det var något mer sten där provsträckorna låg än där aggregatet justerades in. Det fyruddiga rivhjulet hade möjligtvis kunnat prestera bättre kvalitet med en annan justering, men då på bekostnad av antalet högar i längdled. Trollberget var också den trakt där flest slag om 100 meter behövdes, för att producera 2 000 planteringspunkter per hektar med båda typer av rivhjul, vilket antagligen också kommer att vara fallet med andra typer av aggregat. Trots den steniga terrängen blev 95 procent av de producerade planteringspunkterna godkända. Över 50 procent hamnade i Kvalitetsklass 5 med det treuddiga rivhjulet.

**Tuppmysran, trakten med ”medelmarken”:** Det fanns lite större stubbar och mer kraftiga granrötter på detta hygge än på de andra två. Det var också i den här trakten flest kvalitetsnedklassningar på grund av hinder påträffades (21 procent). Tuppmysran hade också den lägsta andelen godkända planteringspunkter (93 procent), men inget rivhjul avvek från prestationen som de uppvisade på de andra trakterna.

## Slutsatser

Antalet godkända markberedningspunkter, liksom totala antalet markberedningspunkter, var större per körd sträcka i studieledet med fyruddigt aggregat jämfört med treuddigt aggregat. Skillnaden säkerställdes statistiskt och medelavståndet mellan markberedningspunkterna var 1,9 för det fyruddiga aggregatet jämfört med 2,4 meter för det treuddiga aggregatet.

- Andelen av markberedningspunkterna i *Klass 5* ökade från 35 procent till 45 procent, när ett treuddigt rivhjul användes i stället för ett fyruddigt.
- Medelarealen för mark som påverkats per planteringspunkt skiljde sig inte åt mellan studieleden eller trakterna.
- Störst markpåverkan återfanns på den fuktiga marken i Byvallen.
- Andelen påverkad mark skilde sig inte åt mellan studieleden.
- Är målet 2 000 godkända planteringspunkter krävdes i den här studien cirka 2 slag mer för studieledet med det treuddiga aggregatet, jämfört med det fyruddiga aggregatet. Det motsvarar cirka 17 procent mer körning per hektar.

- Eftersom markberedningskostnaden är beroende av körsträcka delat med körtid (m/s) innebär detta även en 17 procent ökad markberedningskostnad.
- Det treuddiga aggregatet gav dock något högre kvalitet på planteringspunkterna, vilket innebär att man för merkostnaden får drygt 200 fler planteringspunkter i *Klass 4 och 5*.

## Referenser

Bracke Forest, 2015. Jämförelse rivhjul. Eurenus S., Bracke Forest AB.

Löf, M., Dey, D.C., Navarro, R.M. & Jacobs, D.F., 2012. Mechanical site preparation for forest restoration. *New Forests* 43: 825–848.

Nilsson, U., Luoranen, J., Kolström, T., Örlander, G. & Puttonen, P., 2010. Reforestation with planting in northern Europe. *Scandinavian Journal of Forest Research* 25: 283–294.

Örlander, G., Gemmel, P. & Hunt, J., 1990. Site preparation: A Swedish overview. Forestry Canada FRDA Report 105. Victoria, 61 p.

## Personligt meddelande

Eurenus, S., 2015. Bracke Forest AB, Bräcke.



## År 2016

## Arbetsrapporter från Skogforsk fr.o.m. 2016

- |    |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nr | 892 | Ågren, K., Hannrup, B., Jonsson, R., Jönsson, P., Lundström, H. och Nordström, M. Utvärdering av dimensionsmätning och förekomst av kapsprickor vid avverkning med Komatsu X19. – Evaluation of measurement quality and frequency of bucking splits in harvesting with the Komatsu X19 Harwarder. 21 s.                                                                   |
| Nr | 893 | Ågren, K., Möller, J. J. och Bhuiyan, N. 2016. Utveckling av en standardiserad metod för kalibrering av volymsbestämning vid avverkning med flerträdshanterande skördaraggregat. – Development of a standardised method for calibrating volume measurements when using a multi-tree handling harvester head. 27 s.                                                        |
| Nr | 894 | Almqvist, C. & Rosenberg, O. 2016. Bekämpning av grankotterost ( <i>Thekopsora areolata</i> ) med fungicider – Försök utförda 2014 och 2015. – Control of cherry spruce rust infection ( <i>Thekopsora areolata</i> ) by use of fungicides – Trials performed in 2014 and 2015. 10 s.                                                                                     |
| Nr | 895 | Westin, J., Helmersson, A. & Stener, L.-G. 2014. Förädling av lärk i Sverige. – Kunskapsläge och material. Genetic improvement of larch in Sweden – knowledge status and seed materias. 55 s.                                                                                                                                                                             |
| Nr | 896 | Mohtashami, S., Nordlund, S., Krook, M., Bergkvist, I., Ring, E. & Högbom, L. 2016. Körskador vid slutavverkning – en inventeringsstudie i Mälardalen. 16 s.                                                                                                                                                                                                              |
| Nr | 897 | von Hofsten, H. & Eliasson, L. 2016. Skotning av grot och rundved med en kombiskotare eller med två dedikerade skotare. 8 s.                                                                                                                                                                                                                                              |
| Nr | 898 | Rytter, L. & Mc Carthy, R. 2016. – Uthållig produktion av hybridasp efter skörd – Slutrapport 2016 för Energimyndighetens projekt 30346. - Sustainable production of hybrid aspen after harvest – Final Report 2016 from Swedish Energy Agency Project 30346.                                                                                                             |
| Nr | 899 | Bhuiyan, N., Möller, J.J., Hannrup, B. & Arlinger, J. 2016. Automatisk gallringsuppföljning – Arealberäkning samt registrering av kranvinkel för identifiering av stickvägsträd och beräkning av gallringskvot – Automatic follow-up of thinning.- Stand area estimation and use of crane angle data to identify strip road trees and calculate thinning quotient.. 47 s. |
| Nr | 900 | Pettersson, F. 2016. Effects of type of thinning and strip road distance on timber production and economy in the Scots pine field experiment at Kolfallet. Results after two thinnings and a 20-year study period.                                                                                                                                                        |
| Nr | 901 | Eliasson, L., Mohtasami, S. & Eriksson, A. 2016. Analys av ett högproduktivt flissystem – Analysis of factors affecting a high productive chip supply system. 20 s.                                                                                                                                                                                                       |
| Nr | 902 | Enström, J., Asmomarp, V., Davidsson, A., Johansson, F., Jönsson, P. & Mohtashami, S. 2016. Transportsystemet Inlandsbanan – The Inlandsbanan transport system. 50 s.                                                                                                                                                                                                     |
| Nr | 903 | Klingberg, A., Persson, T. & Sundblad, L.G. 2016. Projektrapport – Fröskörd från tallfröplantage T2 Alvik – Effekt av inkorsning på planteringsresultatet i fält (projekt nr 244). – Project report Harvests from the T2 Alvik orchard – Effect of cross-pollination on operational planting outcome.                                                                     |
| Nr | 904 | Friberg, G. & Bergkvist, I. 2016. Så påverkar arbetsrutiner och markfuktighetskartor körskador i skogsbruket – How operational procedures and depth-to-water maps can reduce damage on soil and water and rutting in the Swedish forestry 28 s.                                                                                                                           |
| Nr | 905 | Berlin, M. & Friberg, G. 2016. Proveniensval av Svartgran i Mellansverige. – Provenance choice of black spruce in central Sweden.. 22 s.                                                                                                                                                                                                                                  |

- Nr 906 Grönlund, Ö. 2016. Kontrollmätningens utformning vid chaufförers travmätning. – Quality control procedure for stack measurement by truck drivers. 16 s.
- Nr 907 Björheden, R. 2016. Mekaniserad avverkning av grova lövträd - en litteraturstudie. – Mechanised harvesting of large-size hardwood trees – a literature study. 26 s.
- Nr 908 Bhuiyan, N., Hannrup, B., Nordström, M. & Larsolle, A. 2016. Beslutsstöd för stubbskörd. – Utveckling av ett prototypprogram för snabbare implementering i skogsbruket. – Decision-support tool for stump harvest. – Development of prototype software for faster implementation in forestry. 22 s.
- Nr 909 Brunberg, Y. & Lundström, H. 2016. Tidsåtgång och bränsleåtgång vid användning av sortimentsgripen 2014-Evaluation of assortment grapple 2014 in terms of processing time and fuel consumption. 19 s.
- Nr 910 von Hofsten, H., Eliasson, L., Lundström, H. & Granlund, P. 2016. Prestation och bränsleförbrukning för två stora trumhuggar avsedda för flisning på terminaler. – Production and fuel consumption for two large drum chippers. 14 s.
- Nr 911 Jonsson, R., Jönsson, H. & Lundström, H. 2016. Prestation och kostnader för slutavverkningsdrivare Komatsu X19 harwarder med snabbfäste. – Performance and cost in final felling for Komatsu X19. Harwarder with quick hitch. 40 s.
- Nr 912 Jonsson, R., Jönsson, P., Lundström, H. & Manner J. 2016. Prestation och kostnader för drivaren Komatsu X19 och tvåmaskinsystem med Komatsu 941 och 895 i grov slutavverkning – Performance and costs for the Komatsu X19 harwarder compared to Komatsu 941/895 harvester/forwarder in heavy-timber final felling. 38 s.
- Nr 913 Jönsson, P., Andersson, M., Hannrup, P., Henriksen, F. & Högdahl, A. 2016. Avverkningskapacitet för sågkedjor – en jämförande studie. – Cutting capacity of saw chains – a comparative study. 38 s.
- Nr 914 Skutin, S.G. & Bergqvist, M. 2016. Slutrapport – Rapport Bergtäkt. – Potentialer till kortare ledtider i miljöprövningen. – Final report of the 'Rock Quarry' project. Potential to shorten lead times in environmental assessment. 44 s.
- Nr 915 Ottosson, P., Andersson, D. & Fridh, L. 2016. Radarteknik för fukthaltsmätning – en förstudie. – Radar technology for measuring moisture content – a preliminary study. 23 s.
- Nr 916 Manner, J., Björheden, R., Jonsson, R., Jönsson, P. & Lundström, H. 2016. Prestation och drivningskostnad för drivarprototypen Komatsu X19 jämfört med ett konventionellt tvåmaskinsystem. – Productivity and logging costs of the harwarder prototype Komatsu X19 and a conventional CTL system. 27 s.
- Nr 917 Bergqvist, M., Björheden, R. & Eliasson, L. 2016. Kompakteringseffekter på skogsbilvägar. – Effect of compaction on forest roads. 24 s.
- Nr 918 Jönsson, P., Andersson, M., Hannrup, B., Henriksen, F. & Högdahl, A. 2016. Cutting capacity of saw chains – a comparative study. – Avverkningskapacitet för sågkedjor – en jämförande studie. Ss. 38.
- Nr 919 Asmoarp, V., Bergqvist, M., Frisk, M., Flisberg, Patrik & Rönqvist Mikael. VägRust på SCA. En analys av vägupprustningsbehov på SCA Skog AB:s tre sydliga förvaltningar. – Decreased cost of logistics with RoadOpt. An analysis of road upgrading needs on three southern holdings at SCA Skog AB. 35 s.

## År 2017

- |    |     |                                                                                                                                                                                                                            |
|----|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nr | 920 | Bergqvist, M., Bradley, A., Björheden, R. & Eliasson, L. 2017. Validering av STP (Surfacing Thickness Program) för svenska förhållanden – Validation of the Surfacing Thickness Program (STP) in Swedish conditions. 40 s. |
| Nr | 921 | Eriksson, B. & Sääf, M. 2017. Branschanalys-Ekonomiska prestationer i entreprenadskogsbruket. – Sector analysis: economic performance in contractor forestry. 31 s.                                                        |
| Nr | 922 | Söderberg, J., Willén, E. & Bohlin, J. 2017. Gallringspunkter från fjärranalys. – Identification of thinning needs using remote sensing. 14 s.                                                                             |
| Nr | 923 | Mohtashami, S. & Willén, E. 2017. Kartering av fornminnen i skogen med fjärranalys. – Identifying cultural heritage sites in forest with remote sensing. 32 s.                                                             |
| Nr | 924 | Mörk, A., Englund, M. och Brunberg, T. 2017. Utvärdering av sortimentsgripen i simulator. –                                                                                                                                |
| Nr | 925 | Mc Carthy, R., Johansson, F. & Bergkvist, I. 2017. Högläggning med tre- och fyra-uddigt rivhjul. – Mounding with three- and four-pointed mattock wheels 15 s.                                                              |



## SKOGFORSK

– Stiftelsen skogsbrukets forskningsinstitut

arbetar för ett lönsamt, uthålligt mångbruk av skogen. Bakom Skogforsk står skogsföretagen, skogsägareföreningarna, stiften, gods, skogsmaskinföretagare, allmänningar m.fl. som betalar årliga intressentbidrag. Hela skogsbruket bidrar dessutom till finansieringen genom en avgift på virke som avverkas i Sverige. Verksamheten finansieras vidare av staten enligt särskilt avtal och av fonder som ger projektbundet stöd.

### FORSKNING OCH UTVECKLING

Fyra forskningsområden:

- Driftsystem
- Förädling
- Skogsskötsel
- Värdekedjor

### UPPDRAG

Vi utför i stor omfattning uppdrag åt skogsföretag, maskintillverkare och myndigheter.

Det kan gälla utredningar eller anpassning av utarbetade metoder och rutiner.

### KUNSKAPSFÖRMEDLING

För en effektiv spridning av resultaten används flera olika kanaler: personliga kontakter, webb och interaktiva verktyg, konferenser, media samt egen förlagsverksamhet med produktion av trycksaker och filmer.

Från Skogforsk nr. 925–2017



[www.skogforsk.se](http://www.skogforsk.se)