



# Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 933–2017

## Risningens effekter på spårbildning, skotarens arbete och skördarprestation

Slash reinforcement of strip roads and  
its effects on rutting, forwarder's work  
and harvester's performance

Rikard Jonsson, Sima Mohtashami, Lars Eliasson,  
Petrus Jönsson och Eva Ring

# Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 933-2017

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

## Titel:

Risningens effekter på spårbildning, skotarens arbete och skördarprestation.

Slash reinforcement of strip roads and its effects on rutting, forwarder's work and harvester's performance.

## Bildtext:

Avverkningsstrakt med risad (närmast) och orisad (bortre) stickväg.  
Fotograf: Rikard Jonsson.

## Ämnesord:

Drivning, grotanpassning, skotare, skördare, spårbildning.

Logging, forwarder, harvester, slash reinforcement, rutting.

## 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



**Rikard Jonsson**, jägmästare och forskare i Driftsystemsprogrammet på Skogforsk. Arbetar med teknik- och metodutveckling i drivningsarbete.



**Sima Mohtashami**, civilingenjör. Arbetar på Skogforsk sedan 2011. Forskare och verksam inom Skogsskötselprogrammet.



**Lars Eliasson**, docent. Arbetar på Skogforsk med teknik- och metodutveckling inom skogsbränsleområdet.



**Petrus Jönsson**, fil.mag. Anställd vid Skogforsk sedan 2006. Arbetar i programmet Driftsystem. Fokus ligger på dynamisk simulering och utvärdering av maskinsystem.



**Eva Ring**, FD i marklära. Forskar om miljöeffekter av skogsbruk på mark och vatten. Anställd på Skogforsk / Inst. för skogsförbättring sedan 1991.

## Abstract

Tree tops and branches, i.e. slash, from final fellings can be used as forest fuel or to reinforce strip roads to reduce rutting. Harvester productivity, fuel consumption, driving speed, proportion of strip road with rutting and whole body vibrations during forwarding were studied in a randomized block experiment. Each block consisted of one strip road with and one without slash reinforcement. All strip roads were trafficked by a laden forwarder with a gross weight of 44 tonnes. The study was carried out in south-central Sweden during fall 2014.

Harvester performance was not affected by slash reinforcement. Driving on slash reinforced strip roads showed a tendency of lower fuel consumption compared with roads that not were reinforced. Slash reinforcement did not affect driving speed and whole body vibrations. The proportion of rutting was 20 percent higher on roads without slash cover compared to slash-reinforced roads and positively correlated with the number of passages. Slash reinforcement makes the surface of the striproad more even and reduces rutting, and is thus likely to affect both travel speed and fuel consumption. Travel speed is expected to increase and fuel consumption to decrease. However, as these factors interact, further studies of speed and fuel consumption are required to establish the extent of these effects.



## Förord

Detta projekt initierades av Skogforsk med inspiration från Stora Enso Skogs ”Rätt metod” som bygger på idén att genom förebyggande risning av basvägarna undvika markskador, öka framkomlighet och minska vibrationsbelastningen för skotarföraren under terrängtransport. Vi vill tacka Stora Enso Skog som tillhandahållit maskiner, bidragit till planering av arbetet och agerat bollplank under studien. Vi vill vidare tacka Bergvik Skog som varit markvärdar för studien. Till sist vill vi även tacka våra kollegor Isabelle Bergkvist, Rolf Björheden och Gunnar Jansson för värdefulla inspel, råd och bidrag under projektets gång.

Uppsala 2017-06-20

Rikard Jonsson, projektledare

# Innehåll

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| Förord .....                       | 1  |
| Sammanfattning.....                | 3  |
| Inledning.....                     | 4  |
| Syfte.....                         | 5  |
| Material och metoder.....          | 6  |
| Områdesbeskrivning .....           | 6  |
| Försöksuppläggning .....           | 7  |
| Skördarens prestation.....         | 9  |
| Skotning .....                     | 9  |
| Körhastighet och vibrationer ..... | 9  |
| Bränsleförbrukning .....           | 10 |
| Andel skadad körsträcka.....       | 10 |
| Spårdjup .....                     | 10 |
| Statistisk bearbetning.....        | 11 |
| Resultat .....                     | 12 |
| Skördarens prestation.....         | 12 |
| Skotning .....                     | 13 |
| Körhastighet och vibrationer ..... | 13 |
| Bränsleförbrukning .....           | 14 |
| Andel skadad körsträcka.....       | 15 |
| Spårdjup .....                     | 16 |
| Diskussion.....                    | 16 |
| Slutsatser.....                    | 18 |
| Referenser.....                    | 18 |
| Internet.....                      | 20 |
| Bilaga 1 Fuktighetsfördelning..... | 21 |

## Sammanfattning

Grenar och toppar (grot), tas ofta ut i samband med föryngringsavverkning och nyttjas som bränsleråvara eller lämnas i körvägen för att förhindra eller minska spårbildning. Spårbildning kan medföra negativa effekter på mark och vatten.

Hypoteserna var att risning av körvägar medför minskat spårdjup och lägre andel körsträcka med spår, lägre bränsleåtgång, högre körhastighet, lägre vibrationsexponering och oförändrad skördarprestation.

I syfte att jämföra effekterna av att risa eller inte risa stickvägar vid skotning lades ett randomiserat blockförsök ut inom ett avverkningsobjekt i nordvästra Uppland under hösten 2014. Två behandlingar studerades, grotanpassad avverkning där vägarna lämnades orisade och konventionell avverkning där vägarna risades. Jämförelserna mellan behandlingarna avsåg andel skadad körsträcka, bränsleförbrukning, körhastighet och vibrationsnivåer under körning med en fullastad skotare, totalvikt 44 ton, samt skördarprestation. Skotaren gjorde 2–5 överfarer per väg. Skördarprestation och andel skadad körsträcka – d.v.s. markbrott med blottad mineraljord per körsträcka studerades med åtta upprepningar. Övriga parametrar studerades i samma vägar, men med de åtta blocken hopslagna till fyra block.

Ingen skillnad i skördarens prestation kunde konstateras mellan konventionell avverkning och grotanpassad avverkning, vilket stämmer väl med tidigare studier. Ingen signifikant skillnad i beräknad total upplevd vibrationsnivå eller körhastighet kunde påvisas för skotaren. Bränsleförbrukning visade tendens till sänkning vid körning på risad väg jämfört med orisad väg. Andelen körsträcka med spårbildning ökade med ökat antal överfarer och var signifikant högre för orisade än risade vägar.

Det förefaller rimligt och logiskt att risningen har effekter på spårdjup, bränsleförbrukning, körhastighet och vibrationer, men det har inte kunnat säkerställas i denna studie.

## Inledning

Vid en förnygringsavverkning tas främst olika rundvirkessortiment ut, men det har blivit allt vanligare att även grenar och toppar (grot), tas ut som bränsleråvara. Därvid anpassas avverkningen så att upparbetning av trädstammar till största del sker vid sidan av stickvägen för att groten ska hamna i högar och inte bli nedsmutsad vid överfarter. Detta kallas för grotanpassad avverkning. Om groten i stället används för att risa stickvägen, konventionell avverkning, kan detta förhindra eller minska spårbildning. Risken för uppkomst av spår varierar beroende på antal fordonspassager (Eliasson, 2005), vilket påverkas av hyggesstorlek, den avverkade volymen som ska transporteras ut, markens fuktighet samt jordart (Mohtashami m.fl., 2016; Ågren m.fl., 2015). Spårbildning kan medföra negativa effekter på mark och vatten, exempelvis markkompaktering och ökad transport av finkornigt material (slam) till angränsande vatten på grund av erosion i spåren (Cambi m.fl., 2015). Ökad tillförsel av finkornigt material kan försämra eller förstöra levnadsmiljön för vattenlevande organismer. Spårbildning kan även försämra upplevelsevärdet av skogen. Skogsvårdslagen (2014, § 30, 7:28) föreskriver att ”allvarliga körskador ska förhindras”. Med allvarliga körskador avses bland annat körspår som sker i anslutning till vattendrag och sjöar och kan påverka vattenmiljöer negativt.

Tung trafik med skogsmaskiner kan medföra markkompaktering och spårbildning. En tidigare studie visar att risning kan minska markens kompaktering i den övre delen av markprofilen jämfört med orisad väg, däremot avtar effekten vid frekventa passager (Eliasson, 2007). Det finns samtidigt scenarier som visar att uttag av rundved och energisortiment från skogen kan komma att öka under den kommande 20-årsperioden (Anon, 2006), vilket eventuellt kommer att minska tillgången på grot som kan användas för att förstärka markens bärlighet.

Hur konventionell och grotanpassad avverkning påverkar skördarens prestation behöver studeras närmare. Tidigare studier har visat ingen eller en mindre prestationssänkning om avverkningen är grotanpassad, jämfört med en konventionell avverkning. Skillnaderna har varit minst i de fall förarna haft lång erfarenhet av båda avverkningsmetoderna (Lundström & Thor, 2006; Thor & Nordén, 1997).

Bränsleförbrukning påverkas av faktorer som laststorlek, transportavstånd och virkestäthet (Nordfjell et al., 2003; Manner et al., 2016), men även av hastighet och motorvarvtal (Nilsson, 2005). Dessa faktorer har belysts i tidigare studier, men underlagets inverkan har inte belysts lika väl. Larsson (2014) jämförde bränsleförbrukning vid konventionell avverkning och enligt ”Rätt Metod”. ”Rätt Metod” är en drivningsmetod där vägarna läggs i ett mönster som syftar till att samla körning med last till belastningståliga, risade basstråk för att skona marken och korta total körsträcka. Studien visade på lägre bränsleförbrukning för ”Rätt Metod”, men skillnaden förklarades främst av en kortare körsträcka. Eventuell inverkan av det risade underlaget kunde inte påvisas.



Man kan studera bränsleförbrukning med hjälp av flödesmätare, genom vägning av extern bränsletank kopplad till bränslesystemet eller genom beräkning från CAN-bus (Controller Area Network) (Manner m.fl., 2016). En massflödesmätare kan monteras på maskinen för mätning av förbrukad bränslevolym (Nordfjell m.fl., 2003) eller på tanken vid avlägg, för mätning av påfylld bränslevolym efter körning (Rieppo & Örn, 2003). Mätningar med massflödesmätare är lämpliga att använda för längre tidsperioder men svårare att använda till kortare tider som enskilda lass (Rieppo & Örn, 2003; Holzleitner m.fl., 2011). Vägning av extern bränsletank är en krånglig studie-metod men som kan ge hög noggrannhet (Brunberg, 2005; Rittich & Hamilton, 2014). Mätning genom CAN-bus görs indirekt baserat på information om exempelvis inkommande luft, tiden som bränsleinsprutarna är öppna och syrehalten i avgaserna och kan användas om noggrann kalibrering görs, men mätningarna är svåra att verifiera (Čupera & Sedlák, 2011; Surcel & Michaelsen, 2009; Roy & Hamilton, 2012).

Helkroppsvibrationer kan påverka skogsmaskinförarens hälsa och prestation negativt (Conway m.fl., 2006; Burström m.fl., 2014). Enligt Arbetsmiljöverkets föreskrifter AFS 2005:15, måste arbetsgivaren vidta åtgärder för att minska helkroppsexponering av vibrationer då de överstiger  $0,5 \text{ m/s}^2$  vid åtta timmars arbetsdag. Gissningsvis utsätts cirka 30 procent av skotarförarna för vibrationer som överstiger denna gräns (Granlund & Thor, 2005). Tidigare studier visar att vibrationerna bland annat beror på maskintyp, terrängsstruktur, körhastighet och körsätt (Burström m.fl., 2006), vilket varierar väsentligt mellan lastad respektive olastad skotare (Rehn m.fl., 2005). Effekten av risning behöver dock studeras mer.

Våra hypoteser var att risning av körvägar medför minskat spårdjup och lägre andel körsträcka med spår, lägre bränsleåtgång, högre körhastighet, lägre vibrationsexponering och oförändrad skördarprestation.

## Syfte

Syftet med denna studie var att undersöka effekterna av att risa stickvägarna vid drivning jämfört med att inte risa stickvägarna, avseende andel skadad körsträcka, spårdjup samt bränsleförbrukning, helkroppsvibrationer och körhastighet vid upprepade överfarter med en fullastad slutavverkningskotare. Dessutom jämfördes skördarens prestation vid konventionell avverkning (risning av vägar) och grotanpassad avverkning.

## Material och metoder

I syfte att jämföra effekterna av att risa eller inte risa stickvägar vid skotning, lades ett randomiserat blockförsök ut inom ett avverkningsobjekt i nordvästra Uppland. Två behandlingar studerades, grotanpassad avverkning och konventionell avverkning. Stickvägar vid grotanpassad avverkning kallas härefter ”orisade vägar” och stickvägar där konventionell avverkning utfördes benämns ”risade vägar”. Skördarprestation, skotarens körhastighet och bränsleförbrukning, förarens beräknade upplevda vibrationsnivåer samt andel skadad väg, jämfördes mellan risade och orisade vägar. Körningarna utfördes mellan den 25:e november och den 2:a december 2014.

### OMRÅDESBESKRIVNING

Studien utfördes på ett föryngringsavverkningsobjekt utanför Runhällen i nordvästra Uppland (6661747N, 600011Ö) som uppfyllde kriterierna:

- Långt från vatten.
- Inga kultur- eller fornlämningar.
- Inga impediment.
- Välarronderad, för att möjliggöra långa slag inom blocken.
- Areal >4 hektar.
- Sandig-moig morän.
- Homogen skog med volymen relativt jämnt fördelad över objektet (eller med möjlighet att kontrollera i vägparen).

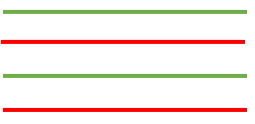
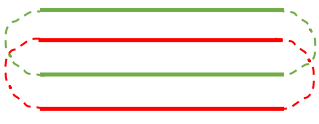


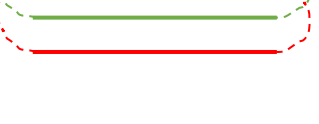
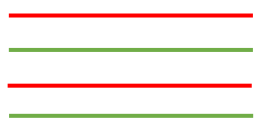



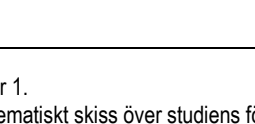
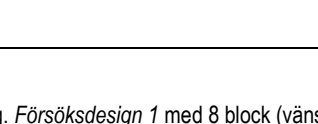
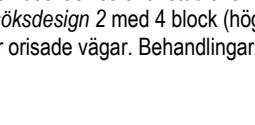
I objektet var gran det vanligaste trädslaget med 57 procent av den avverkade volymen i blocken, tall med 15 procent samt löv 28 procent. Ytstruktur och lutning var *Klass 2* respektive *Klass 1* (Berg, 1995).

Jordarten undersöktes i 9 gropar, och beskrevs enligt metodik från Riksskogstaxeringen (1987) och Troedsson & Nykvist (1980). Groparnas lokalisering valdes för att återspegla traktens variation, både svackor, höjder och sluttningar. Jordarten varierade från sedimentjord, lera, till sandig-moig morän. Sandig-moig morän var vanligast (4 gropar). Jordens fukthalt i samband med körningarna var i genomsnitt 21 procent av totalvikten, och varierade mellan 16 och 30 procent. Tidmässigt grävdes groparna i anslutning till körningarna; den 25:e, och 28:e november samt den 8 december 2014. Det föll ingen nederbörd under tidsperioden för körningarna. En högupplöst (2 meter) digital terrängmodell (DTM) över studieobjektet användes för att identifiera markens fuktiga partier (Figur 1). Markfuktighetskartan var framtagen i ArcGIS enligt algoritmen, Depth to Water (DTW), med vilken man utifrån topografin, i en digital terrängmodell, kan efterlikna förekomsten av fuktiga områden i terrängen baserat på den beräknade höjdskillnaden mellan terrängsytor och de intilliggande ytvatten (Murphy m.fl., 2007). Förarna i maskinlaget som utförde avverkning och körningar hade vana av både konventionell avverkning (risade vägar) och grotanpassad avverkning (orisade vägar).

## FÖRSÖKSUPPLÄGGNING

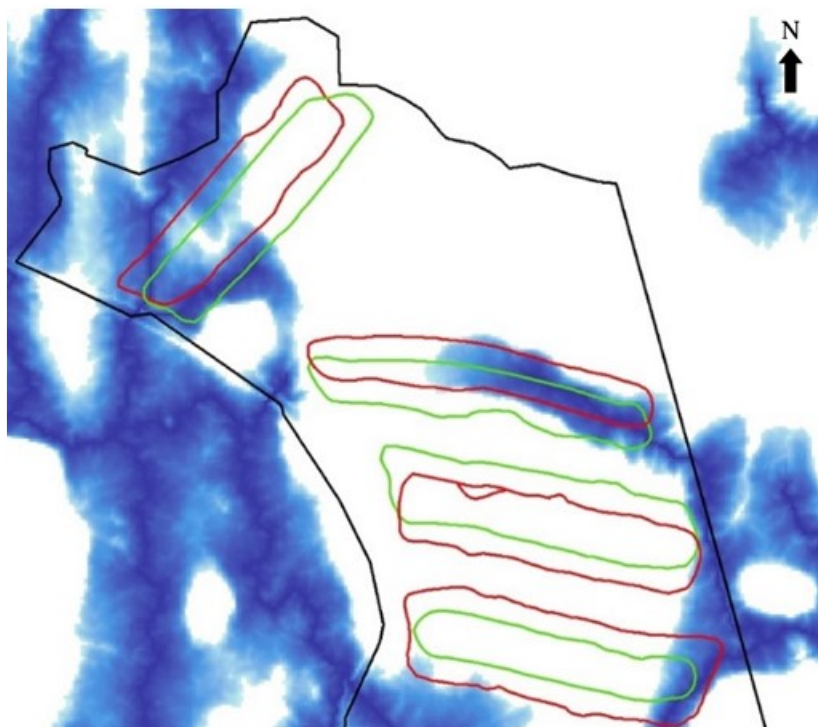
Försöket lades upp som ett randomiserat blockförsök med två behandlingar: orisade och risade vägar upprepade i 8 block (*Försöksdesign 1*, Figur 1). Inom varje block slumpades risad och orisad väg. På grund av tekniska skäl, bl.a. bättre framkomlighet och smidigare körning, körde skotaren de två vägarna med samma behandling inom varje block som en slinga. En del data samlades in för varje väg medan andra data endast kunde samlas in för en hel slinga. Försöksuppläggningsen för data som kunde samlas in per väg benämns *Design 1* och då data endast kunde samlas in per slinga benämns uppläggningsen för *Design 2* (Figur 1). I *Design 2* erhöles därmed 4 block.

Blockindelningen enligt *Design 1* gjordes så att vägnas fuktighet baserat på en markfuktighetskarta för avverkningsobjektet, samt på att ytstruktur och lutning skulle vara så lika som möjligt inom varje block (Figur 2). Andel fuktig mark (DTW<1 meter) gentemot torr mark (DTW>1 meter) var ganska jämnt fördelad inom block och respektive behandling (Figur 1, Bilaga 1).

| Design 1  | Block | Design 2   | Block |
|---|-------|--|-------|
|   | 1     |   | A     |
|  | 2     |  |       |
|  | 3     |  | B     |
|  | 4     |  |       |
|  | 5     |  | C     |
|  | 6     |  |       |
|  | 7     |  | D     |
|  | 8     |  |       |

Figur 1.

Schematiskt skiss över studiens försöksuppläggning. *Försöksdesign 1* med 8 block (vänster) och *Försöksdesign 2* med 4 block (höger). Röda sträckor visar vägar som risats och gröna sträckor visar orisade vägar. Behandlingarna slumpades inom block utifrån *Försöksdesign 1*.



Figur 2.  
Markfuktighetskarta över försöksområdet. Områden med DTW <1 meter är markerade med blått och områden med DTW >1 meter är vita. Slingorna som skotaren körde är gröna för orisade vägar och röda för risade vägar. En bilväg löper längs objektets västra ytterkant.

Körningen började och slutade vid bilväg. Totalt antal överfarer varierade och styrdes av markens bärighet i den orisade behandlingen. Körning avbröts då djupa spår hade uppkommit i den orisade behandlingen. Bedömning gjordes subjektivt av skotarföraren och körning avbröts då risken för att fastna ansågs vara stor. I Tabell 1 sammanfattas det totala antalet överfarer som skotaren körde på vägsträckor inom *Försöksdesign 1* och 2. Skotarens markfrigång var 75,5 centimeter (John Deere, 2016). Vid analys av skördarens prestation och andel skadad väg använder vi *Försöksdesign 1* och inkluderar bara raka körsträckor. Vid analys av vibrationer och körhastighet används *Försöksdesign 2* (raka körsträckor) och vid analys av skotarens bränsleförbrukning användes *Försöksdesign 2*, inklusive kurvor och körning till/från slingan.

Tabell 1.  
Totalt antal överfarer inom block av varje försöksdesign.

| Block inom Försöksdesign 1 | Block inom Försöksdesign 2 | Totalt antal överfarer |
|----------------------------|----------------------------|------------------------|
| 1                          | A                          | 4                      |
| 2                          |                            | 4                      |
| 3                          | B                          | 2                      |
| 4                          |                            | 2                      |
| 5                          | C                          | 5                      |
| 6                          |                            | 5                      |
| 7                          | D                          | 5                      |
| 8                          |                            | 5                      |

## SKÖRDARENS PRESTATION

Maskintillverkaren John Deeres drifts- och uppföljningssystem TimberLink™ möjliggör automatiska tidsstudier. Arlinger m.fl. (2014) fann att Automatisk Data Insamling (ADI) och manuella tidsstudier gav mycket likartade resultat. ADI möjliggör insamling av stora datamängder till en låg kostnad. Tid mättes då en stor slutavverkningskördare, John Deere 1470 årsmodell 2011, avverkade i blocken. Skördaren hade ett John Deere 480C-aggregat. G<sub>0</sub>-tider (tid utan avbrott) för olika arbetsmoment och totaltider per stam, samlades in automatiskt genom John Deeres drifts- och uppföljningssystem, TimberLink™. Prestationen kunde sedan beräknas baserat på stamvolym från hpr-filer (harvester production files), (Arlinger m.fl., 2012). Stammar med registrerad tidsåtgång över 100 sekunder rensades bort, eftersom det indikerar någon form av icke analyserbar störning eller t.ex. att körning till och från avverkningsplatsen ingår i tiden.

Två förare deltog i studien. En av dem avverkade *Block 1–2* och den andra *Block 3–8*. Skördardata saknas från *Block 7* och *8* och data från *Block 4* utslöts p.g.a. orimliga tidsregistreringar.

## SKOTNING

Efter avverkning studerades körning med en stor slutavverkningskotare, John Deere 1910, årsmodell 2013. Skotaren hade 19 tons lastkapacitet och vägde 25 ton med boggieland och kedjor utan last. Skotaren lastades full med virke och virkets vikt noterades med hjälp av skotarens vågsystem och körning påbörjades. Under körning registrerades start och stopp manuellt från förarhytten för mätning av spårbildning, vibrationer, körhastighet och bränsleförbrukning. Körningen studerades i ”slingor” för att erhålla kontinuerlig körning utan avbrott eller vändning (*Försöksdesign 2*, Figur 1). Inom varje block körde skotaren tills risken för att skotaren skulle fastna ansågs vara för stor. Den orisade slingan kördes först då den förväntades gå sönder efter färre antal överfarter. Därefter kördes lika många varv på den risade slingan.

## Körhastighet och vibrationer

Maskinens position och körhastighet registrerades löpande med en GPS-enhet med antenn monterad på hyttaket.

Vibrationer beräknades utifrån uppmätta accelerationer under körning med en accelerometer placerad på hyttgolvet under förarsätet. Accelerationerna (m/s<sup>2</sup>) registrerades i x-, y- och z-led. De inmätta accelerationerna frekvensvägdes så att de lägre frekvenserna, 1,0 – 1,25 Hz, förstärktes och de högre försvagades. I vertikallplanet förstärks vibrationerna i intervallet 5–8 Hz. Detta för att människokroppen har olika känslighet för varierande vibrationer.

Den sammanvägda vibrationsnivån för skotarföraren ( $a_v$ ), beräknades enligt ISO 2631-1 (ISO 1997) för respektive block som beskrivet nedan:

$$a_v = \sqrt{(1,4 \times a_{w,x})^2 + (1,4 \times a_{w,y})^2 + a_{w,z}^2} \quad (\text{m/s}^2)$$

$a_{w,x}$  = frekvensvägda accelerationer i x-led,  $\text{m/s}^2$  .

$a_{w,y}$  = frekvensvägda accelerationer i y-led,  $\text{m/s}^2$  .

$a_{w,z}$  = frekvensvägda accelerationer i z-led,  $\text{m/s}^2$  .

### **Bränsleförbrukning**

Bränsleförbrukningen beräknades genom vägning av en extern bränsledunk. Före körning vägdes dunken fylld med diesel. Sedan vägdes dunken direkt efter avslutad körning i slingorna, efter samtliga varv. Dieseln antogs ha densiteten  $0,818 \text{ g/cm}^3$  (SPBI, 2016). Bränsleförbrukning beräknades i liter/100 meter per slinga.

### **ANDEL SKADAD KÖRSTRÄCKA**

Spår med blottad mineraljord definierades som skada, och dess position bedömdes okulärt från maskinhytten och noterades i en datainsamlare. Positionerna matchades med positioner från GPS. Bedömning av spårbildning gjordes från skotaren under påföljande varv. Spårandelens beräknades som skadad körsträcka i relation till total körsträcka för varje varv.

### **SPÅRDJUP**

För att undersöka spårbildning inmättes markytan i en meters intervall i vardera körspår för blockens körsträckor. Detta gjordes med högprecisions-GPS (TopCon GRS-1) direkt efter avverkning, samt efter avslutad skotning. För risade sträckor mättes även markytan bredvid hjulspåren, som kontroll. Avsikten var att beräkna spårdjupet baserat på differensen av GPS-mätningar i z-led före respektive efter skotning.

## STATISTISK BEARBETNING

Data har analyserats med proceduren generella linjära modeller (GLM procedure) i statistikprogrammet SAS Enterprise Guide 6.1 (2016). Effekten av olika faktorer betraktades som signifikant när  $p < 0,05$ .

Skördarens prestation analyserades som beroende av faktorerna medelstamvolym, block och behandling. *Försöksdesign 1* var den tillämpade designen vid analys av skördardata (Modell 1).

$$\text{Skördarens prestation} = \text{medelstamvolym} + \text{block} + \text{behandling} + \text{residual} \quad \text{Modell (1)}$$

Bränsleförbrukningen analyserades som beroende av faktorerna block, behandling (Modell 2). *Försöksdesign 2* användes vid analys av data för bränsleförbrukning.

$$\text{Bränsleförbrukning} = \text{block} + \text{behandling} + \text{residual} \quad \text{Modell (2)}$$

Genomsnittlig körhastighet analyserades som beroende av faktorerna behandling, block, antal överfarter (varv), interaktionen mellan behandling och block, och interaktionen mellan varv och behandling). Raka körsträckor baserat på *Försöksdesign 2* användes vid analys av körhastighet och vibrationer (Modell 3 och 4).

$$\text{Medelkörhastighet} = \text{behandling} + \text{block} + \text{varv} + \text{behandling} \times \text{block} + \text{behandling} \times \text{varv} + \text{residual} \quad \text{Modell (3)}$$

Den total upplevda vibrationsnivån analyserades som beroende av följande faktorer: behandling, block, antal överfarter utfört av skotaren (varv), medelkörhastighet och interaktionen mellan behandling och block (Modell 4).

$$\text{Total upplevd vibrationsnivå} = \text{behandling} + \text{block} + \text{varv} + \text{medelkörhastighet} + \text{behandling} \times \text{block} + \text{residual} \quad \text{Modell (4)}$$

Andel skadad väg på grund av körningar analyserades som beroende på faktorer som behandling, andel yta där DTW indexet var mindre än en meter, (vilket avgränsar blöt mark som är känslig för maskinöverfart), antal överfarter som skotaren hade kört då spårbildningen uppkom (varv) och block samt interaktion mellan block och behandling). *Försöksdesign 1* tillämpades vid analys av andel skadad väg (Modell 5).

$$\text{Andel skadad väg} = \text{block} + \text{behandling} + \text{andel yta med DTW} < 1 + \text{varv} + \text{residual} \quad \text{Modell (5)}$$

Varv behandlades i analyserna som en upprepad mätning inom block.

# Resultat

## SKÖRDARENS PRESTATION

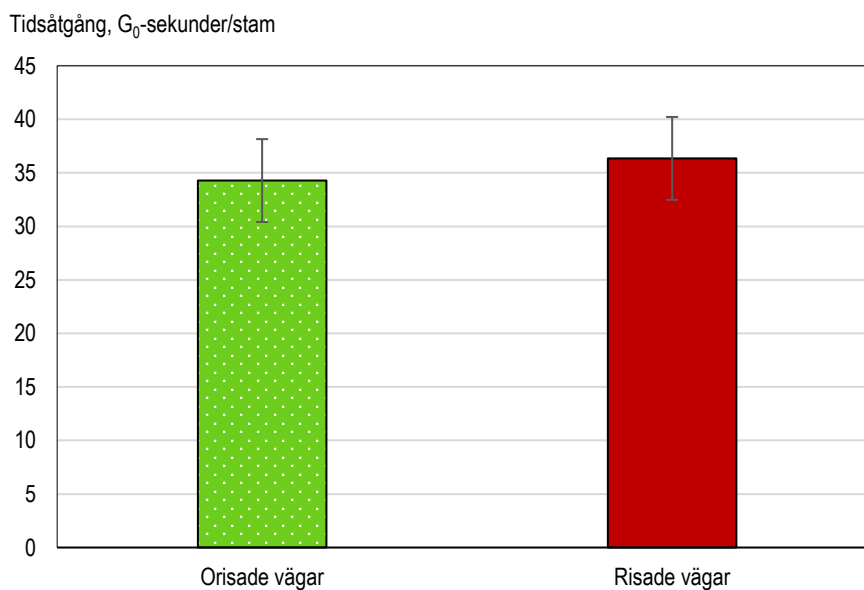
Totalt mättes tidsåtgången för att avverka 1 689 stammar från *Block 1, 2, 3, 5* och *6*, varav 798 stammar med behandlingen orisade och 891 stammar med risning av vägar (Tabell 2).

Tabell 2.

Genomsnittlig tidsåtgång och medelstamvolym för studerade block, fördelat på risade och orisade vägar.

| Block | Medelstamvolym, m <sup>3</sup> fub/stam |              | Genomsnittlig tid, sekunder/stam |              |
|-------|---|--------------|----------------------------------|--------------|
|       | Orisade vägar                           | Risade vägar | Orisade vägar                    | Risade vägar |
| 1     | 0,26                                    | 0,40         | 29,2                             | 38,6         |
| 2     | 0,30                                    | 0,28         | 33,0                             | 34,4         |
| 3     | 0,36                                    | 0,31         | 33,1                             | 35,2         |
| 5     | 0,23                                    | 0,36         | 35,4                             | 36,4         |
| 6     | 0,40                                    | 0,44         | 38,0                             | 39,6         |

Tidsåtgången i avverkning av en trädstam var i genomsnitt 35,3 sekunder per stam vid en medelstamvolym på 0,33 m<sup>3</sup>fub. Skillnaden mellan behandlingarna var inte signifikant. Det fanns ingen påvisbar effekt av behandling enligt modellen ( $p=0,347$ ) (Figur 3).



Figur 3.

Tid per stam vid avverkningsarbete med risade och orisade vägar. Felstaplarna indikerar ett 95-procentigt konfidensintervall.

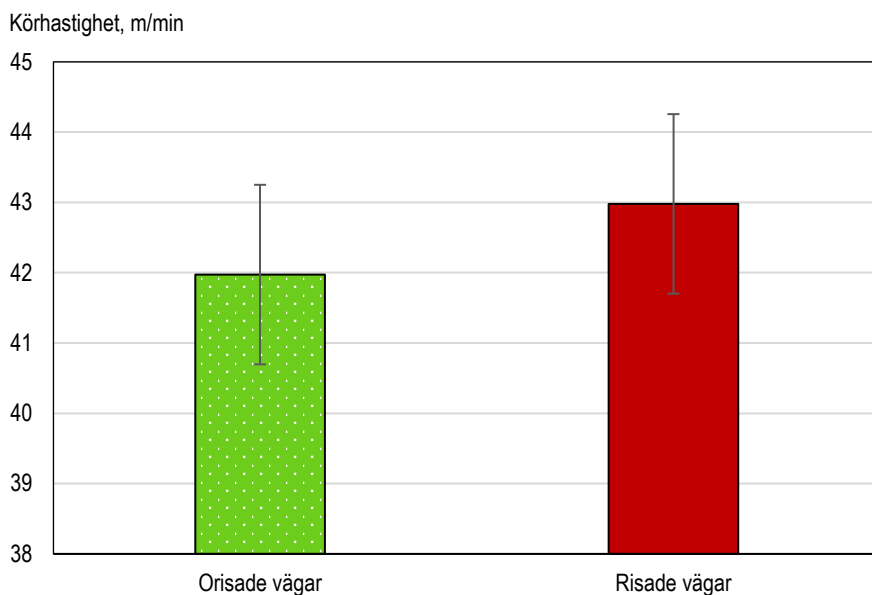


## SKOTNING

Totalt kördes mellan 2 och 5 varv i varje block. Lastad vikt varierade mellan 19,1 och 19,4 ton.

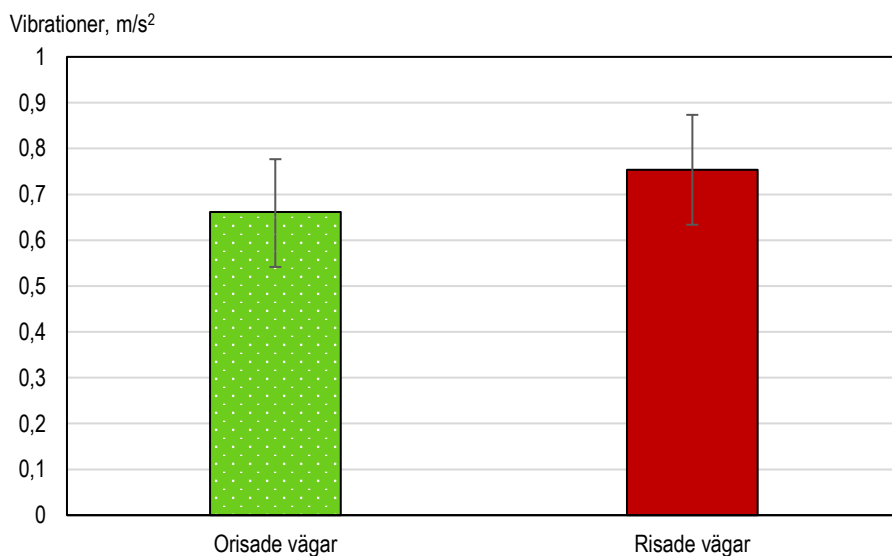
### Körhastighet och vibrationer

Medelkörhastigheten var 42 meter per minut på orisade vägar och 43 meter per minut på risade vägar (Figur 4). Skillnaden var inte signifikant ( $p = 0,25$ ).



Figur 4. Genomsnittlig körhastighet för skotaren (m/min) vid risade och orisade vägar. Felstaplarna indikerar ett 95-procentigt konfidensintervall.

Den upplevda vibrationsnivån var  $0,66 \text{ m/s}^2$  på orisade vägar och  $0,75 \text{ m/s}^2$  på risade vägar (Figur 5), men skillnaden var inte signifikant ( $p = 0,26$ ).



Figur 5. Beräknad upplevd vibrationsnivå vid risade och orisade vägar. Felstaplarna indikerar ett 95-procentigt konfidensintervall.

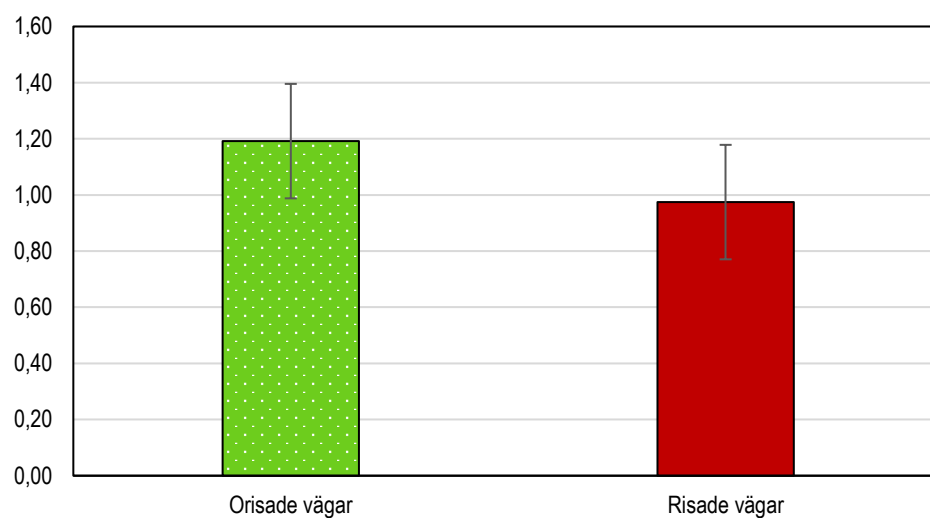
## Bränsleförbrukning

Det fanns en indikation ( $p=0,097$ ) att det åtgick mer diesel, 1,19 liter per 100 meter, vid körning på orisade vägar än de 0,97 liter per 100 meter som åtgick vid körning på risade vägar (Figur 6). Vid jämförelse mellan behandlingarna inom varje block förbrukade körning på orisade vägar mer än körning på risade vägar för samtliga fyra upprepningar, men spridningen var för stor och antalet block för få för visa på skillnad (Tabell 3).

Tabell 3.  
Dieselförbrukning vid risade och orisade vägar.

| Block | Dieselförbrukning, liter/100 meter |              |
|-------|------------------------------------|--------------|
|       | Orisade vägar                      | Risade vägar |
| A     | 1                                  | 0,9          |
| B     | 1,3                                | 1,1          |
| C     | 1,4                                | 0,9          |
| D     | 1,2                                | 1            |

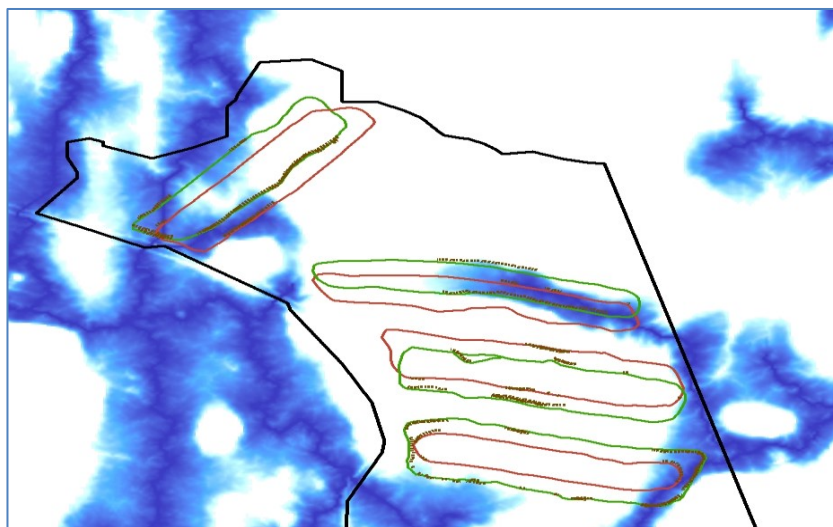
Bränsleförbrukning, liter/100 meter



Figur 6.  
Bränsleförbrukning i liter/100 meter för risade och orisade vägar. Felstaplarna indikerar ett 95-procentigt konfidensintervall.

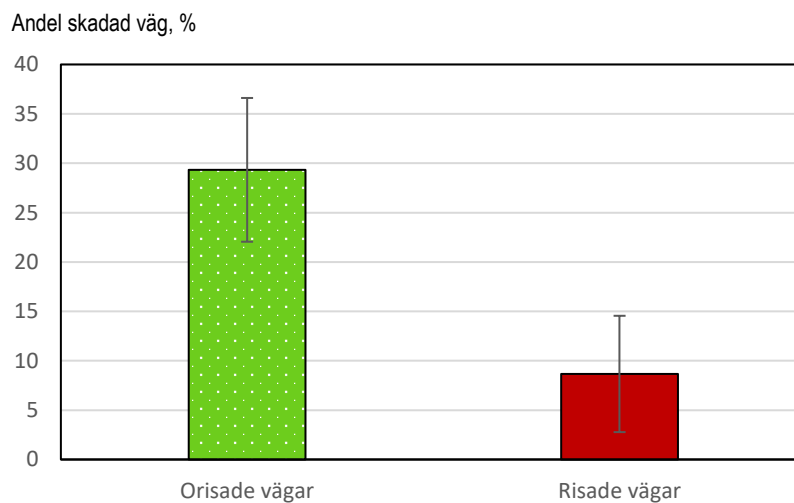
## ANDEL SKADAD KÖRSTRÄCKA

Andelen skadad körsträcka efter upprepade körningar med fullastad skotare visas i Figur 7.



Figur 7.  
Bild över försöket. Delar av studerade vägar där spår bildats har markerats.

Orisade vägar hade spårbildning på 29 procent av körsträckan jämfört med 9 procent av de risade vägarna (Figur 8). Behandling hade en signifikant effekt ( $p < 0,0437$ ) på hur stor andel av körsträckan som fick spår men spårbildningen ökade också med antalet överfarter ( $p < 0,0001$ ).



Figur 8.  
Andel skadad väg för risade och orisade vägar. Klamrarna visar medelfel kring medelvärdet.

## SPÅRDJUP

Beräkningen av spårdjup resulterade delvis i orimliga värden (exempelvis negativa spårdjup för vissa sträckor) Studien kan därför inte kvantifiera skillnader i spårbildning mellan risade och orisade körsträckor.

## Diskussion

I förnygringsavverkning kan grenar och toppar från avverkade stammar läggas i körvägen som markförstärkning, eller i stackar vid sidan av vägen, för att användas som energiråvara.

Ingen skillnad mellan konventionell och grotanpassad avverkning på skördarens prestation kunde påvisas. Prestationen är starkt beroende av stamvolymen, slagbredd och avstånd mellan träd, men även metodegenskaper, som t.ex. hur mycket aggregatet behöver förflyttas, inverkar. Aggregatförflyttning vid grotanpassning och konventionell avverkning skiljer sig genom att stammar upp-arbetas på samma sida som de avverkas vid grotanpassning medan de behöver förflyttas över vägen vid konventionell avverkning, men även utrymmet för virkesuppläggning längs vägen ökar då vägarna risas. Dessa metodskillnader resulterade inte i signifikant olika tidsåtgång och utökade studier bedöms inte visa någon betydande skillnad (Figur 2). ADI som studiemetod hade stora fördelar och gav många observationer till låg kostnad jämfört med konventionell tidsstudie. Vid manuell tidsstudie kan tidsstudiemannen notera arbetsmönster och särskilda händelser, denna kvalitativa datainsamling förloras vid automatisk datainsamling. En kombination av ADI och manuell tidsstudie med fokus på arbetsmönster och särskilda händelser är sannolikt ett bra arbetssätt. Den visuella datainsamlingen skulle kunna göras i efterhand, via kamera monterad på maskinen.

Resultaten av denna studie visade att risning av vägar inte resulterade i några signifikanta skillnader i varken skotarens körhastighet eller den beräknade upplevda vibrationsnivån, jämfört med orisade vägar, vilket kan bero på den någorlunda jämna terrängen, *Klass 2* där studien gjordes. Rehn m.fl. (2005) diskuterade också att maskintyp, terrängsstruktur och förarens körstil är bland de faktorer som avgör den upplevda vibrationsnivån hos skogsmaskinförare. Flera studier bör dock genomföras för att undersöka sambandet mellan körhastighet och vibrationer vid körning med skotare vid körning på orisade jämfört med risade vägar.

Genomsnittlig bränsleförbrukningen vid körning på orisade vägar tenderade att vara högre än vid körning på risade vägar. I teorin kan drivmedelsåtgång på risbädd förväntas vara lägre än körning på orisad väg då riset kan minska påverkan av hinder som stenar och stubbar. I mätningen av bränsleförbrukning ingick körning till och från slinga och eventuella avbrott i blocken. Detta kan ha inverkat på resultaten även om de olika slingorna bör ha påverkats i liknande grad. Rittich & Hamilton (2014) studerade bränsleförbrukning för lunnare under körning tom, under lastning och lastad och konstaterade en positiv korrelation mellan körhastighet och bränsleförbrukning, vilket är i likhet med denna studies resultat.

Nilsson (2005) däremot visade på tendenser till negativt samband mellan körhastighet och bränsleförbrukning, men orsaken till detta är okänd. Löfgren (2002) mätte bränsleförbrukning för en uppallad skotare, som kördes på arbetsvarvtal med hjulen fritt hängande i luften. Maskinen drog då 6 liter per timme i kontrast till 8,9 liter vid körning i terräng. Den höga förbrukningen då skotaren kördes uppallad kunde enligt författaren härledas till förluster i pumpar, växlar o.s.v. Löfgrens (2002) resultat indikerar att ett förbättrat underlag inte kan förväntas ge så stort utslag på total bränsleförbrukning, även om medelförbrukningen för risad väg var lägre än för orisad väg så var skillnaden inte signifikant.

I framtida studier bör bränsleförbrukningen studeras med flera upprepningar eller genom mätning via CAN-bussen (Controller Area Network, fordonets diagnostiserings- och datainsamlingsystem). Mätning via CAN-buss kräver noggrann kalibrering men ger bättre möjligheter att renodla datainsamlingen till de delar av arbetet som önskas studeras (Cupera & Sedlak, 2011; Wu m.fl., 2013; Manner m.fl., 2016).

Den tendens till minskad körsträcka med ”Rätt Metod” som anges i Larssons (2014) studie, och tendensen till sänkt bränsleförbrukning vid körning på risad väg som visas i föreliggande studie, antyder att potentialen finns att sänka förbrukningen med hjälp av risning. Risning av huvudstråken kan vara ett sätt att effektivisera skotningsarbetet. Ytterligare studier krävs dock för att styrka detta.

Var och när ett markbrott sker vid terrängkörning beror på markens bärighet som påverkas av faktorer som jordart och markfuktighet, samt det tryck som marken utsätts för av skogsmaskiner. Analysen av synliga spår tyder på att risken för spårbildning ökar på risade och orisade vägar med ökat antal överfarter. I en liknande studie visade Eliasson m.fl. (2007) att risning inte hade någon signifikant påverkan på spårdjup. Den minskade kompakteringen i den övre delen av markprofilen var signifikant i ett grandominerat bestånd på sediment med mjällig lättlera. Antalet maskinöverfarter var en annan faktor som också påverkade spårdjupet signifikant.

Andra möjligheter som tillsammans med risning kan minska risken för spårbildning är att använda band (Löfgren, 1994), minska maskinens däcktryck (Cambi m.fl., 2015) framförallt vid enstaka överfarter (Eliasson, 2005), samt att undvika att köra i fuktiga partier, exempelvis genom att förplanera vägar med hjälp av GIS-kartor (Mohtashami m.fl., 2012).

Resultaten av spårbildningen kan, tillsammans med nya liknande studier, användas för att förbättra utfallet av automatiska drivningsplaneringsverktyg som BestWay. BestWay optimerar dragning av stickvägar utifrån DTW-kartor och trädskikt (Johansson, 2015).

Beräkningar av spårdjup resulterade i orimliga värden och skillnader i spårbildning mellan behandlingarna kunde därför inte analyseras. Detta berodde delvis på att ris och stubbar försvårade precis mätning av körspåren på samma positioner både före och efter körning. Dessutom uppstod osäkerhet kring hur hänsyn skulle kunna tas till variationer i ristäckets tjocklek. I framtida mätningar bör risets tjocklek kvantifieras, men denna studie kan inte påvisa att det medför tillförlitliga analyser. Alternativt kan spårbildningen mätas med andra metoder.

## Slutsatser

- Ingen skillnad i skördarens prestation kunde konstateras mellan konventionell avverkning och grotanpassad avverkning.
- Andelen körsträcka med spårbildning ökade med ökat antal överfarter och var signifikant högre för orisade än risade vägar.
- Ingen signifikant skillnad i beräknad total upplevd vibrationsnivå eller körhastighet kunde påvisas mellan risade och orisade vägar.
- Bränsleförbrukning visade tendens till sänkning vid körning på risade vägar jämfört med orisade vägar.
- Det förefaller rimligt och logiskt att risningen har effekter på spårdjup, bränsleförbrukning, körhastighet och vibrationer, men det har inte kunnat säkerställas i denna studie.

## Referenser

- Anon. 2005. Arbetsmiljöverkets föreskrifter om vibrationer samt allmänna råd om tillämpningen av föreskrifterna.  
<https://www.av.se/globalassets/filer/publikationer/foreskrifter/vibrationer-foreskrifter-afs2005-15.pdf>.
- Anon. 2006. På väg mot ett oljefritt Sverige, kommissionen mot oljeberoende.  
<http://www.regeringen.se/contentassets/780b0a7cf1094cd59e779f0879a591fd/pa-vag-mot-ett-oljefritt-sverige> , [Jan 2016]
- Anon. 2014. Skogsvårdslagstiftningen. Skogsstyrelsen, Jönköping.
- Arlinger, J., Brunberg, T., Lundström, H. & Möller, J.J. 2014. Jämförelse av JD1170E och JD1470E i slutavverkning hos SCA Skog AB hösten 2013. Skogforsk Arbetsrapport Nr. 817.
- Arlinger, J., Nordström, M. & Möller, J.J. 2012. StanForD 2010 – Modern kommunikation med skogsmaskiner. Skogforsk Arbetsrapport 784.
- Berg, R., Bergkvist, I., Lindén, M., Lomander, A., Ring, E. & Simonsson, P. 2010. Förslag till en gemensam policy angående körskador på skogsmark för svenskt skogsbruk. Skogforsk Arbetsrapport Nr. 731.
- Berg, S. 1995. Terrängtypschema för skogsarbete.Handledning. Skogforsk.
- Brunberg, T. 2005. Standardiserad bränslemätning för skotare och skördare. Skogforsk Arbetsrapport Nr. 10.

- Burström, L., Nilsson, T. & Wahlström, J. 2014. Whole-body vibration and the risk of low back pain and sciatica: a systematic review and meta-analysis. *International Archives of Occupational and Environmental Health* 88(4), 403–418.
- Burström, L., Nordfjell, T., Wästerlund, I. & Tabell, L. 2006. Attempts to standardise vibration measurements in a single-grip harvester. *Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control* 25(1), 11–21.
- Cambi, M., Certini, G., Neri, F. & Marchi, E. 2015. The impact of heavy traffic on forest soils: A review. *Forest Ecology and Management* 338, 124–138.
- Conway, G., Szalma, J., Saxton, B., Ross, J. & Hancock, P. 2006. The effects of whole-body vibration on human performance: A meta-analytic examination. *Proceedings from the Human Factors and Ergonomics Society 50th Annual Meeting*. October 16–20. Human Factors and Ergonomics Society, 1741–1745.
- Čupera, J. & Sedlák, P. 2011. The use of CAN-bus messages of an agricultural tractor for monitoring its operation. *Research in Agricultural Engineering* 57:117–127.
- Eliasson, L. & Wästerlund, I. 2007. Effect of slash reinforcement of strip-roads on rutting and soil compaction on a moist fine-grain soil. *Forest Ecology and Management* 252, 118–123.
- Eliasson, L. 2005. Effects of forwarder tyre pressure on rut formation and soil compaction. *Silva Fennica*, 39, 549–557.
- Holzleitner F, Stampfer K, Visser R. 2011. Utilization rates and cost factors in timber harvesting based on long-term machine data. *Croatian Journal of Forest Engineering*. 32:501–508.
- Johansson, S. 2015. Nästa generation drivningsplanering. *Skogforsk Vision* Nr. 1, 8–11.
- Kupera, J. & Sedlak, P. The use of CAN-Bus messages of an agricultural tractor for monitoring its operation. *Research in Agricultural Engineering* Vol. 57, 2011, No. 4:117-127.
- Larsson, J. 2014. Jämförelse av skotares körsträcka och bränsleförbrukning vid drivningskoncepten ”Rätt metod” och konventionell metod. *Arbetsrapport 6*. Sveriges lantbruksuniversitet.
- Lundström, H. & Thor, M. 2006. Bränsleanpassad avverkning – Studier hos Norra skogsägarna och Stora Enso Skog. *Skogforsk* 5079. Skogforsk.
- Manner, J., Nordfjell, T. & Lindroos, O. 2016. Automatic load level follow-up of forwarders' fuel and time consumption. *International Journal of Forest Engineering*. 1–10.
- Mohtashami, S., Bergkvist, I., Löfgren, B. & Berg, S. 2012. A GIS Approach to Analyzing Off-Road Transportation: a Case Study in Sweden. *Croatian Journal of Forest Engineering* 33(2), 275–284.
- Mohtashami, S., Krook, M., Nordlund, S., Bergkvist, I., Ring, E. & Högbom, L. 2016. Körskador vid slutavverkning – En inventeringsstudie i Mälardalen. *Skogforsk Arbetsrapport* Nr. 896.
- Murphy, P.N.C., Ogilvie, J., Connor, K. & Arp, P.A. 2007. Mapping wetlands: a comparison of two different approaches for New Brunswick, Canada. *Wetlands*, 27 (4), 846–854.
- Nilsson, R. 2005. Skotares bränsleförbrukning. *Studentuppsatser* nr. 81. SLU.

- Nordfjell, T. Athanassiadis, D. & Talbot, B. 2003. Fuel consumption in forwarders. *International Journal of Forest Engineering*. 14:2, 11–20.
- Rehn, B., Lundström, R., Nilsson, L., Liljelind, I. & Järvholm, B. 2005. Variation in exposure to whole-body vibration for operators of forwarder vehicles – aspects on measurement strategies and prevention. *International Journal of Industrial Ergonomics* 35(9), 831–842.
- Rieppo, K. & Örn, J. 2003. Metsäkoneiden polttoaineen kulutuksen mittaaminen, esitutkimus. *Metsäteho, Raportti* 148, 19.5.2003.
- Riksskogstaxeringen. 1987. Instruktion för fältarbete vid Riksskogstaxeringen år 1987. Sveriges lantbruksuniversitet.
- Rittich, C. & Hamilton, P. 2014. Energy intensity of a Tigercat 635D skidder. *FPIInnovations Interval Report* 2014-06-11.
- Roy, V. & Hamilton, P. 2012. Trials to determine the fuel consumption of a forwarder. *FPIInnovations Vol. 13 No. 7*.
- Surcel, M-D. & Michaelsen, J. 2009. Evaluation of accuracy and precision of truck engine electronic control modules to capture fuel data. *FPIInnovations Vol. 11 No. 10*.
- Thor, M. & Nordén, B. 1997. Bränslanpassad slutavverkning – studier av avverkning, rundvirkesskotning och skotning av trädrester hos SCA Skog AB. *Skogforsk Arbetsrapport Nr. 372*.
- Troedsson, T. & Nykvist, N. 1980. Marklära och markvård. Almqvist & Wiksell Läromedel AB. Uppsala.
- Wu, Y., Yu, L., Song, G. & Xu, L. 2013. Feasibility study of fuel consumption prediction model by integrating vehicle-specific power and controller area network bus technology. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2341; 66–75.
- Ågren, A. M., Lidberg, W. & Ring, E. 2015. Mapping Temporal Dynamics in a Forest Stream Network—Implications for Riparian Forest Management. *Forests* 6, 2982–3001.

## INTERNET

SAS 9.4 Software.

[http://www.sas.com/sv\\_se/software/sas9.html](http://www.sas.com/sv_se/software/sas9.html) [den 8 januari 2016]

SPBI, 2016. Energiinnehåll, densitet och koldioxidemission.

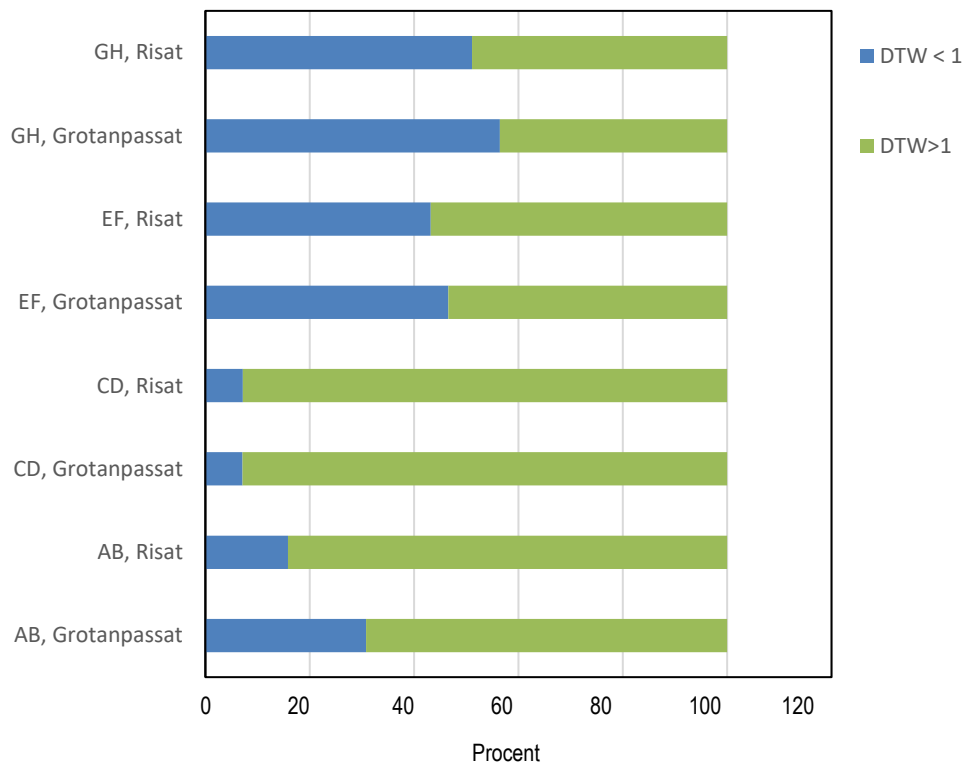
<http://spbi.se/blog/faktadatabas/artiklar/berakningsmodeller/> [den 9 februari 2016]

John Deere. 2016. Skotarna 1510E/1910E.

[https://www.deere.se/sv\\_SE/docs/product/equipment/forwarders/1510e\\_model/brochure/jd\\_1510e\\_1910e\\_sv.pdf](https://www.deere.se/sv_SE/docs/product/equipment/forwarders/1510e_model/brochure/jd_1510e_1910e_sv.pdf) [den 9 november 2016]



## Fuktighetsfördelning



Figur 1.  
Fuktighetsfördelning per block och behandling



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

### År 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 (*Thekopsora areolata*) med fungicider – Försök utförda 2014 och 2015. – Control of cherry spruce rust infection (*Thekopsora areolata*) 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., Asmomar, 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, T. & 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 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. 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 & Rönnqvist 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. & Brunberg, T. 2017. Utvärdering av sortimentsgripen i simulator. – Evaluation of assortment grapple tested in a simulator. 17 s.
- Nr 925 Mc Carthy, R., Johansson, F. & Bergqvist, I. 2017. Högläggning med tre- och fyrauddigt rivhjul. – Mounding with three- and four-pointed mattock wheels 15 s.
- Nr 926 Sonesson, J., Eliasson, L., Jacobson, S., Wallgren, M., Weslien, J. & Willhelmsson, L. 2017. Hyggesfritt skogsbruk på landskapsnivå.
- Nr 927 Asmoarp, V. Davidsson, A., Flisberg, P. & Palmér Carl Henrik. 2017. Skogsbrukets möjlighet att utnyttja föreslagna BK4-vägar för 74-tonsfordon. – Evaluation of forestry sector potential to operate 74-tonne vehicles on the proposed BK4 roads. 28 s.
- Nr 928 Friberg, G., Berlin M., Johannesson, T. & Eliasson, L. 2017. Lutningsindex – beslutsstöd vid markberedning. – Slope index – decision support tool for scarification.
- Nr 929 Arlinger, J., Möller, J.J., Eriksson, I. & Bhuiyan, N. 2017. Forestand – skördardata. – Standardisering av skördar-databaserade beskrivningar av uttag och kvarvarande skog efter gallring.
- Nr 930 Flisberg, P., Frisk, M., Mikael, Rönnqvist, M. & Willén, E. 2017. Turordningsplanering – Sequencing in operational planning. 28 s.
- Nr 931 Eliasson, L. & von Hofsten, H. 2017. Prestation och bränsleförbrukning för en stor mobil flishugg. – Albach 2000 Diamant. – Productivity and fuel consumption of a large mobile wood chipper – Albach 2000 Diamant. 16 s.
- Nr 932 Willén, E., Friberg, G., Flisberg, P., Andersson, G., Rönnqvist, M. & Westlund, K. 2017. Best Way – beslutsstöd för förslag till huvudbasvägar för skotare Metodrapport. – Best Way – decision support tool for proposing main base roads for forwarders. – Method report. 36 s.
- Nr 933 Jonsson, R., Mohtashami, S., Eliasson, L., Jönsson, P. och Ring, E. 2017. Risning av stickvägar i slutavverkning – Effekter på spårbildning, skotarens bränsleåtgång, körhastighet, helkroppsvibrationer och skördarprestation. – The effect of slash reinforcement of strip roads on rutting, forwarder's fuel consumption, driving speed, whole body vibrations and harvester performance. 21 s.

## SKOGFORSK

– Stiftelsen skogsbrukets forskningsinstitut

arbetar för ett lönsamt, uthålligt mångbruk av skogen. Bakom Skogforsk står skogsföretagen, skogsägareföreningarna, stiftelsen, 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

Sex forskningsprogram och processer:

- Driftsystem
- Förädling
- Skogsskötsel
- Värdekedjor
- Digitalisering
- Skogliga samhällsnyttor

### 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. 933–2017



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