

# REDOGÖRELSE

FRÅN SKOGFORSK NR. 2 2007



## Underlag för produktionsnormer för extra stora engreppsskördare i slutavverkning

BASIC DATA FOR PRODUCTIVITY NORMS FOR EXTRA LARGE SINGLE-GRIP HARVESTERS IN FINAL FELLING

Torbjörn Brunberg



**Torbjörn Brunberg**, anställd vid Skogforsk 1976. Arbetar för närvarande med teknik och kostnadsanknutna frågor.

#### **Abstract**

This report presents the findings of studies that were carried out by Skogforsk in the period 2003–6, and which focused on extra large single-grip harvesters operating in final fellings. An example is given of how those factors that can be extracted from the material can be included in form-based productivity norms. Since the time consumption for each factor is based on time functions, these functions can also be included in computer-based norms.

Ämnesord: Produktionsnorm, slutavverkning, skördare.

Omslag: Nils Jerling. Den blå är en Rottne H20 och den röda en Valmet 941.

Redaktör: Lars Åkerman

Ansvarig utgivare: Jan Fryk

Formgivning: Niclas Eklund

# REDOGÖRELSE

## Underlag för produktionsnormer för extra stora engreppsskördare i slutavverkning

BASIC DATA FOR PRODUCTIVITY NORMS FOR EXTRA LARGE SINGLE-GRIP HARVESTERS IN FINAL FELLING

Torbjörn Brunberg

# Innehåll

<b>Innehåll</b>	<b>2</b>
<b>Sammanfattning</b>	<b>3</b>
<b>Bakgrund</b>	<b>4</b>
Metoder för produktionsunderlag	4
Studiernas uppläggning	4
Studiernas omfattning	4
<b>Resultat</b>	<b>5</b>
Tidsåtgång för körning	5
Fällning och upparbetning	6
<b>Diskussion</b>	<b>7</b>
Allmänt	7
Körning	7
Fällning och upparbetning	7
Övrig tid	7
<b>Tillämpning av resultaten</b>	<b>8</b>
Traditionell produktionsnorm	8
Tillämpningsexempel	8
Räkneexempel för beräkning av praktisk produktion	8
<b>Referenser</b>	<b>8</b>

# Contents

<b>Contents</b>	<b>2</b>
<b>Summary</b>	<b>3</b>
<b>Background</b>	<b>4</b>
Methods used to create productivity norm	4
Study organization	4
Study scope	4
<b>Study results</b>	<b>5</b>
Time consumption in harvester driving	5
Felling and processing	6
<b>Discussion</b>	<b>7</b>
General	7
Driving	7
Felling and processing	7
Miscellaneous time	7
<b>Application of study findings</b>	<b>8</b>
Traditional productivity norms	8
Example applications	8
Example calculation for practical production	8
<b>References</b>	<b>8</b>

# Sammanfattning

Från 2003 till 2006 har Skogforsk genomfört ett antal studier av extra stora engreppsskördare i slutavverkning. Här redovisas delar av resultaten från dessa studier som grund för produktionsnormer. Data till denna Redogörelse utgörs av fyra separata studier av Rottne H20 och Valmet 941 i lätt terräng i mellersta Sverige. Tillsammans omfattar materialet 1 494 träd. Vid bearbetningen av dessa delades tidsåtgången in i tre grupper. Tidsgrupperna överensstämmer med den naturliga arbetscykeln för maskintypen enligt följande:

- Tidsåtgång för körning
- Tidsåtgång för fällning och upparbetning
- Övrig tid

Stråvan har varit att uttrycka tidsåtgången i så generella termer som möjligt. Det har gjorts genom att utforma tidsfunktioner för de tre tidsgrupperna. Avslutningsvis redovisas ett exempel på hur funktionerna kan användas som del i en produktionsnorm (Tabell 1).

De samband mellan tidsåtgång och produktionspåverkande faktorer som erhöles i studierna, kan som i tillämpningsexemplet, användas till en blankettbaserad produktionsnorm eller i datorbaserade normer.

# Summary

During the period 2003–6, Skogforsk has conducted a number of studies on extra large single-grip harvesters in final felling. The study results would be used as a basis for productivity norms for these machines. This report details parts of the study.

The study data comes from four separate studies of the Rottne H20 and Valmet 941 machines operating in easy terrain in central Sweden. The material covers the processing of 1 494 trees. In the processing, time consumption was divided into three groups corresponding to normal work cycles of the machines. The groups were:

- Time consumption for driving
- Time consumption for felling and processing
- Other time

We endeavoured to specify time consumption in the most general terms possible. This was done by creating time functions for the three time groups. Finally, the functions were used as a basis to exemplify how they could be incorporated to constitute part of a productivity norm — as shown below (Table 1).

The correlation between time consumption and the factors affecting productivity in the studies can be best used, as in the application in the example, to provide a form-based productivity norm. Another application could be for database norms.

**Tabell 1/***Table 1.* Exempel på produktionsnorm/*Example of productivity norm.*

<b>Medelstam,</b> (m <sup>3</sup> fub)	<i>Mean stem</i> (m <sup>3</sup> , solid i.b.)	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
<b>Grundprestation</b> (träd/G15-tim)	<i>Baseline productivity</i> (trees/G15 h)	103	93	85	79	73	68	64	60
<b>Grundprestation</b> (m <sup>3</sup> fub/G15-tim)	<i>Baseline productivity</i> (m <sup>3</sup> /G15 h)	20,6	28,0	34,2	39,4	43,8	47,7	51,1	54,0
<b>Antalet uttagna stammar/ha</b>	<i>Number of trees harvested per ha</i>	300	500	700	1000				
<b>Korrektion</b> (%)	<i>Correction</i> (%)	13	6	3	0				

# Bakgrund

1995 publicerades det senaste underlaget för stora engreppsskördare i slutavverkning. Sedan dess har det skett en väsentlig teknisk utveckling samtidigt som de stora skördarna blivit ännu större. Detta har inneburit att produktionen ökat och beroendet av medelstammen minskat. För att tillmötesgå önskemålen om aktuella underlag för produktionsnormer sammanställs här studier gjorda från 2003 till och med 2006 avseende extra stora engreppsskördare.

## Metoder för produktionsunderlag

Det finns två olika metoder för att utarbeta produktionsunderlag, arbets-

studier och driftuppföljning. Grunden i det här underlaget utgörs av tidsstudier med vars hjälp en ideal prestation beräknats. För att erhålla den praktiska produktionen har denna korrigerats till rätt nivå med hjälp av driftuppföljning. Tidsstudiernas precision har därmed kunnat förenas med driftuppföljningens mera långsiktiga produktionsresultat.

## Studiernas uppläggning

Underlaget består av fyra studier varav tre inte har haft primärt syfte att utgöra underlag till en produktionsnorm. Den äldsta studien av Valmet 941 från 2003 är en del av en produktionsjämförelse mellan två olika skördarstorlekar.

De båda studierna av Rottne H20 avsåg att belysa skillnaden mellan bränsleanpassad och konventionell avverkning. Den sista studien som gjordes vintern 2006 hade syftet att utgöra underlag till en produktionsnorm.

Uppläggningsen av samliga studier har varit ganska enhetlig. Arbetsgången var att först syna studieytan. Därefter har träden klavats och diametern noterats på trädet. I samband med klavningen upprättades också en höjdkurva för beståndet. Själva tidsstudien genomfördes som en cmin-studie med en Husky datasamlare. I denna samlades tidsåtgången för varje enskilt moment och uppgifter om trädslaget samt diametern på varje enskilt träd.

## Studiernas omfattning

De studier som ingår i underlaget har samtliga gjorts i mellersta Sverige. I tabell 2 återges några data om varje enskild undersökning. Totalt omfattar materialet 1 494 träd.

Tabell 2. Studiernas omfattning

Studie	Landskap	Maskin	Studerad huvudfaktor	Medelstam (m <sup>3</sup> fub)	Antal träd
1	Dalarna	Rottne H 20	Risanpassning	0,33	398
2	Dalarna	Rottne H 20	Konv. avverkning	0,35	400
3	Uppland	Valmet 941	Konv. avverkning	0,57	274
4	Uppland	Valmet 941	Grov skog	0,73	422



# Resultat

Vid bearbetningen av datamaterialet har detta delats upp i grupper, vilka utgör naturliga delar av cykeltiden för skördarens arbete. Gruppindelningen är också grunden för resultatredovisningen enligt följande:

- Tidsåtgång för körning
- Tidsåtgång för fällning och upparbetning
- Övrig tid

## Tidsåtgång för körning

De här studierna av extra stora skördare har som nämnts inte varit upplagda för att kartlägga olika faktorer inverkan på körtiden. Möjligheten att utforma en reviderad matematisk modell för körningen har därför varit liten. Den justering som gjorts i förhållande till den generella modell som presenterades 1988 begränsar sig till en nivåhöjning av körhastigheten. Modellen för tidsformeln för körning är:

$$T=1000000/(S \times U \times K \times (1 + (50/U) - (0,1 \times Y) - (0,1 \times L)))$$

där

T=tidsåtgången i cmin/träd

S=stråkbredd, m

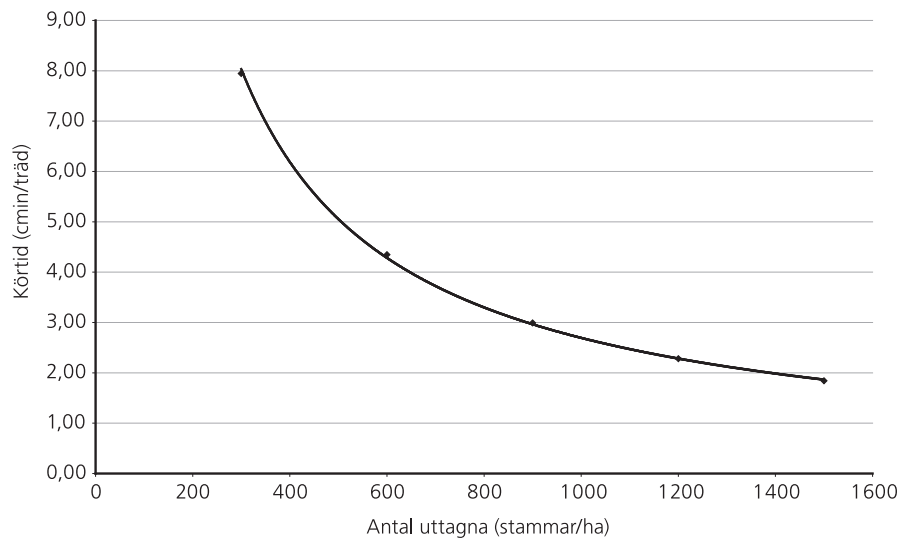
U=uttag, stammar/ha

K=uttryck för körhastigheten, m/min

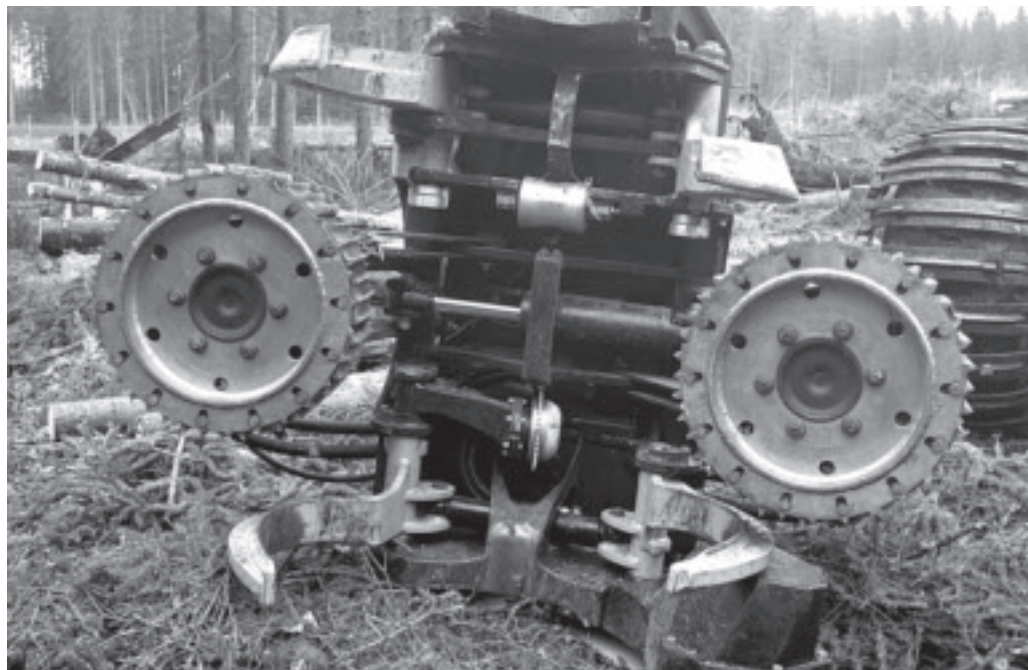
Y=ytstrukturklasser (1–5)

L=lutningsklasser (1–5)

**Modellfaktorer:** I ovanstående formel utgör den del som tecknas  $K \times (1 + (50/U) - (0,1 \times Y) - (0,1 \times L))$  ett uttryck för hastigheten (H) vid förflyttning av skördaren. Förenklat kan således modellen skrivas  $1000000/S \times U \times H$ . Förklaringen till formelns utseende är följande. För att erhålla skördarens körsträcka per hektar divideras  $10000 \text{ m}^2$  med stråkbredden ( $10000/S$ ). Divideras den erhållna körsträckan med



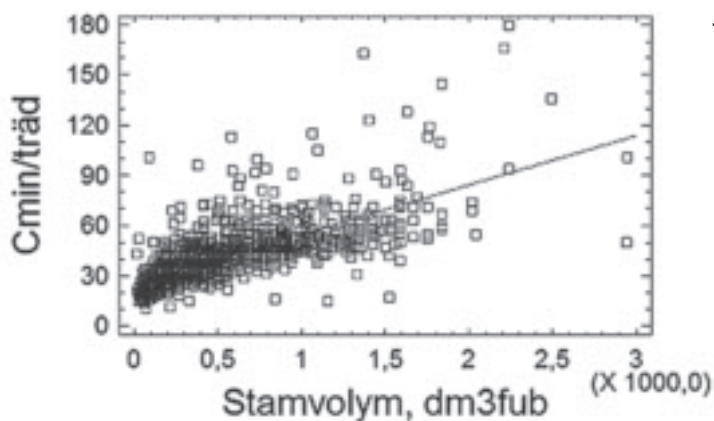
Figur 1. Körtid (cmin/träd) över antalet uttagna stammar per hektar.



Figur 2. Aggregatet som använts på Valmet 941. Foto: Nils Jerling

hastigheten erhålls körtiden per hektar ( $10000 \times S \times H$ ). Divideras slutligen körtiden per hektar med uttaget per hektar erhålls körtiden per träd ( $10000/S \times U \times H$ ). Genom att multiplicera täljaren i ovanstående uttryck

med 100 omförs hastigheten från m/cmin till m/min. Hastigheten (H) är beroende av stamantal, ytstruktur och lutning. Stamantalsberoendet förklaras av att start och stopp ingår i körtiden, d.v.s. ju tätare träden står,



Figur 3. Tiden för fällning och upparbetning

desto fler uppställningsplatser blir det med åtföljande start och stopp.

**Konstanten K:** I modellen är K en konstant och ett uttryck för den hastighet med vilken skördaren förflyttas vid ytstrukturklass 1 och lutningsklass 1. Räknetekniskt används K för att nivälägga modellen till studiematerialet. Det bör observeras att K inte är något uttryck för skördarens reella hastighet, vilket beror på modellens utformning. För det här studiematerialet blev  $K=31$  m/min, vilket motsvarar en verklig hastighet om 26 m/min.

**Stråkbredd:** I studierna gjordes fällningen både enkelsidigt och dubbelsidigt. Normalt görs fällningen enkelsidigt i medelgrov till grov skog. Studierna av Rottne H 20 avsåg emellertid att belysa bränsleanpassad avverkning, varför fällningen gjordes dubbelsidigt. Vid den enkelsidiga fällningen var stråkbredden ca 14 m och vid den dubbelsidiga ca 19 m.

**Uttag:** Antalet uttagna stammar/ha varierade mellan 700 och 900.

**Terräng:** Både ytstruktur och lutning klassades enligt Skogforsks terrängtypschema för skogsarbete. Inte i

någon av studierna översteg terrängen klass 2 för vare sig ytstrukturen eller lutningen. Med avseende på dessa båda faktorer var avverkningsförhållandena lätta.

**Körtid:** Den uppmätta körtiden varierar som framgått av den allmänna formeln med ett antal faktorer. Den tyngsta faktorn är antalet uttagna stammar per hektar (U). Grafiskt kan detta åskådliggöras enligt figur 1. Linjen utgör den beräknade tidsåtgången för ytstruktur 1 och lutning 1.

### Fällning och upparbetning

Vid studierna delades engreppsskördarens arbete upp i ett antal åtskilda moment. Här har emellertid momenten kran ut, fällning, kvistning/kapning och kran in slagits ihop till begreppet fällning och upparbetning. Detta begrepp täcker således all den tid som går åt för att tillreda ett träd.

**Tidsfunktion:** Vid bearbetningen av tiden för fällning och upparbetning tvingades varje enskild studiefunktion genom en gemensam funktionskonstant. De olika studierna kom därvid att skilja sig åt genom att beroendet av stamvolymen blev olika.

Tabell 3. Tidsåtgång för övrigt arbete

	Medel	Min	Max
Cmin/träd	0,7	0,5	0,9

$T=24+41 \times M$  för H 20 vid bränsleanpassning

$T=24+37 \times M$  för H 20 vid konventionell avverkning

$T=24+32 \times M$  för Valmet 941 vid konventionell avverkning

$T=24+29 \times M$  för Valmet 941 vid konventionell avverkning

där

T=tidsåtgången, cmin/träd

M=medelstamvolymen,  $m^3fub$

För båda maskintyperna ger detta en funktion som motsvaras av uttrycket:

$$T=24+35 \times M$$

De olika funktionerna visar också att det är en viss skillnad mellan de båda maskintyperna.

**Stamvolym:** Figur 3 visar den genomsnittliga tidsåtgången över stamvolymen. Den heldragna linjen representerar den utjämnade medeltidsåtgången för alla träden. Funktionens allmänna utseende i form av en rät linje har valts utifrån punktsvärmens utseende

**Övrig tid:** Den övriga tiden är definierad som "annan tid till gagn för arbetet". I tiden ingår t.ex. risrensning, tillrätaläggning av virke och bortkapning av spjälkningsrester från stubben. I medeltal åtgick för detta arbete den tidsåtgång som återges i tabell 3.



# Diskussion

Här följer några kommentarer till de redovisade studieresultaten, vilka kan vara till hjälp vid utformningen av underlag till praktiskt fungerande produktionsnormer.

## Allmänt

De studier som bildar underlag till denna Redogörelse har gjorts under en tidsperiod om 3 år. Alla är utförda under barmarksförhållanden vid plusgrader.

Underlaget bygger på väsentligt färre antal träd än det som presenterades 1995. De maskiner som skulle beskrivas är emellertid färre i det här fallet och utgörs av Rottne H 20 och Valmet 941. Vid utvärderingen har funktionerna jämförts med utfallet från driftuppföljning. På goda grunder är det därför möjligt att uttala sig om att de stämmer både sammantaget och för enskilda maskintyper.

## Körning

I det presenterade underlaget 1995 hade körtiden delats in i deltider som kopplats till delytor. I de här studierna ingick inte några delytor förutom i den sista studien. I denna var variationen

så pass liten att delytorna uteslutits ur redovisningen och hastigheten beräknats på genomsnittssiffror på studienivå. Körhastigheten var 26 m/min, vilket är en förbättring i förhållande till de studier som genomfördes i början på 90-talet. Där blev körhastigheten 21 m/min. I tillämpningsexemplet har korrektionen för antalet uttagna stammar per hektar beräknats med förutsättningen att medelstammens storlek är 0,4 m<sup>3</sup>fub. Körtiden per träd är emellertid oberoende av trädens storlek, vilket innebär att produktionskorrektionen blir beroende av den medelstam som väljs. Således minskar korrektionen med större medelstam och ökar med minskande medelstam.

## Fällning och upparbetning

Tidsåtgången för fällning och upparbetning har bearbetats på trädnivå, d.v.s. med varje träd som observationsenhet. Skälet till att använda samma funktionskonstant är att få studierna jämförbara inbördes, även om detta sätt att bearbeta tidsåtgången är tvingande. I jämförelse med föregående underlag där tidsfunktionen blev  $T (\text{cmin/träd})=24+35 \times M$  (medelstammen, m<sup>3</sup>fub)

så har både den konstanta tiden och beroendet av trädens storlek minskat. Förbättringen är i storleksordningen 23 %. Den gemensamma funktionen för Rottne H 20 och Valmet 941 blev  $T (\text{cmin/träd})=24+35 \times M$  (medelstammen, m<sup>3</sup>fub).

## Övrig tid

Övrig tid utgörs av arbete av typen risrensning, tillrättaläggning av virke o.s.v. Den övriga tidens variation mellan studierna är i stor utsträckning betingad av förarna.

# Tillämpning av resultaten

De funktioner och samband som presenterats är inte direkt praktiskt användbara, utan utgör bara den första delen i det arbete som måste genomföras för att bygga upp nya produktionsnormer och hålla dessa aktuella. Som hjälp vid utformningen av produktionsnormer för extra stor engreppsskördare presenteras i det följande en tillämpning av studie-resultaten.

## Traditionell produktionsnorm

En traditionell produktionsnorm är upphängd på den beräknade idealproduktionen i ett typiskt avverkningsobjekt. Produktionen hos andra objekt beräknas sedan med hjälp av korrekationer. Basen i produktionsnormen utgörs av en grundtabell, vilken ger maskinens produktion som funktion av den viktigaste påverkande faktorn. Vid avverkning är denna faktor oftast objektets medelstamvolym. Utöver grundtabellen innehåller normen korrigeringsstabeller, ur vilka tillägg eller avdrag för olika försvårande eller förenklande faktorer kan avläsas. De sålunda avlästa korrektionerna summeras och resultatet ansätts den prestation som hämtats ur grundtabellen.

## Tillämpningsexempel

Med studieresultaten som grund återges här ett exempel på hur de faktorer som studerats skulle kunna

Tabell 4. Exempel på idealprestation och korrektion för antalet uttagna stammar/ha.

<b>Medelstam</b> (m <sup>3</sup> fub)	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
<b>Grundprestation</b> (träd/G15-tim)	103	93	85	79	73	68	64	60
<b>Grundprestation</b> (m <sup>3</sup> fub/G15-tim)	20,6	28,0	34,2	39,4	43,8	47,7	51,1	54,0
<b>Antal uttagna stammar/ha</b>	300	500	700	1000				
<b>Korrektion</b> (%)	13	6	3	0				

Tabell 5. Exempel på praktisk prestation.

<b>Medelstam</b> (m <sup>3</sup> fub)	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
<b>Prestation</b> (träd/ G15-tim)	97	85	77	70	64	59	55	51
<b>Prestation</b> (m <sup>3</sup> fub/G15-tim)	19,3	25,6	30,7	34,8	38,3	41,1	43,6	45,8

ingå i en praktisk norm för extra stora engreppsskördare. Normen baserar sig på studerad G0-tid. För att erhålla träd per G15-tid i grundtabellen har således en omformning skett, genom att den sammanlagda tidsåtgången först har ökats med faktorn 1,7 (inkl. övrig tid). Därefter har antalet träd per G15-tim beräknats genom att dividera 6 000 med den framräknade tidsåtgången. Omformningen motsvarar 41 % sänkning från den effektiva prestationsnivån vid studierna. Korrektionsfaktorn för antalet uttagna stammar per hektar har beräknats utifrån lätt terräng och medelstammen 0,4 m<sup>3</sup>fub. I Tabell 4

visas exempel på en produktionsnorm som innehåller korrektion för antalet uttagna stammar per hektar.

## Räkneexempel för beräkning av praktisk produktion

Produktionen enligt ovanstående tabell är den som uppnås under ideala förhållanden. I praktiken görs korrektion för ett antal försvårande faktorer som förenklat kan uttryckas som  $T (c_{min}/träd)=20 \times M$  (medelstammen, m<sup>3</sup>fub). Den korrigerade idealprestationen redovisas i Tabell 5.

# Referenser

Norden, B. 2003. Jämförande studie mellan Valmet 941 med 370 aggregat och Valmet 921 med 965 aggregat. Skogforsk. Stencil 2003-08-26

Lundström, H. & Thor, M. 2006. Bränsleanpassad avverkning. Skogforsk. Stencil 2006-01-26.

Brunberg, T. & Lundström, H. 2007. Studie av Valmet 941 hos Stora Enso, Dalälvens distrikt 2006-12-20. Skogforsk. Stencil 2007-02-05.

# TIDIGARE REDOGÖRELSE FRÅN SKOGFORSK

## 2002

- Nr 1 Norin, K.: Upphandling och försäljning av entreprenadtjänster i skogsbruket – en diskussion om affärskoncept som stöder drivningssystemens utveckling.
- Nr 2 Möller, J. J., Sondell, J., Lundgren, C., Nylinder, M. & Warensjö, M.: Bättre diametermätning i skog och industri.
- Nr 3 Hallonborg, U. & Granlund, P.: Virkesbehandling med engreppsskördare.
- Nr 4 Gyllemark, M.: Provenienser av svartgran (*Picea mariana* [Mill.] B.S.P.) i södra och mellersta Sverige.
- Nr 5 Glöde, D. & Strömmer P.-G.: Norrskogsgallring – utveckling, förankring och implementering av ett gallringskoncept.
- Nr 6 Högbom, L. & Jacobson, S.: Kväve 2002 – en konsekvensbeskrivning av skogsgödsling i Sverige.
- Nr 7 Möller, J. J., Sondell, J. & Arlinger, J.: Virkesvärdestest 2001 – Apteringsfrågor.

## 2003

- Nr 1 Hallonborg, U.: Maskinsågkedjor i praktisk drift.
- Nr 2 Aulén, G. & Gustafsson, L.: Skogliga naturvärdesregioner för södra Sverige.
- Nr 3 Pettersson, F.: Effekter på beståndsutvecklingen och ekonomin av olika förstagallringsåtgärder i tallskog – Redovisning av försöksresultat och synpunkter på dagens röjnings- och gallringsverksamhet.
- Nr 4 Glöde, D. & Bergkvist, I.: 30 år med maskinell röjning – summering av utförd FoU och ananlys av framtida potential.
- Nr 5 Hallonborg, U.: Semiautonoma kortvirkessystem – En systemanalys.
- Nr 6 Thorsén, Å.: Mellanchefer i skogsbruket – arbetet i "gränslandet" gentemot chefen.

## 2004

- Nr 1 Utvecklingskonferens 2004.
- Nr 2 Werner, M. & Heurlin Karlsson, L.: Skånska strövområden – vistelse, preferenser och värderingar.
- Nr 3 Brunberg, T.: Underlag till produktionsnormer för skotare.
- Nr 4 Rytter, L.: Produktpotential hos asp, björk och al.
- Nr 5 Kroon, J. & Rosvall, O.: Optimal produktion vid nordförflyttning av gran i norra Sverige.

## 2006

- Nr 1 Kroon, J. & Rosvall, O.: Förflyttningseffekter hos vit- och svartgran i norra Sverige
- Nr 2 Skogforsk: Utvecklingskonferens 2006, dokumentation.
- Nr 3 Granlund, P.: CTI på virkesfordon.
- Nr 4 Karlsson, B.: Trakthyggesbruk med gran och självföryngrad björk, en jämförande studie
- Nr 5 Karlsson, B.: Trakthyggesbruk och kontinuitetsskogsbruk med gran, en jämförande studie

## 2007

- Nr 1 Bergkvist, I.: Stråkröjning i praktisk drift 2005–2006.

Skogforsk arbetar för ett långsiktigt, lönsamt skogsbruk  
på ekologisk grund. Vår verksamhet består av tillämpad FoU,  
uppdrag och kommunikation av ny kunskap.



**SKOGFORSK**

Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala  
Tel. 018-18 85 00 Fax. 018-18 86 00  
E-post. [skogforsk@skogforsk.se](mailto:skogforsk@skogforsk.se)  
[www.skogforsk.se](http://www.skogforsk.se)

© Skogforsk 2007  
ISSN 1103-4580