

PLUSTALLEN BD 1057 CA 35KM NV  
ARJEPLOG YMPAS FÖR FRÖPLANTAGE.



# Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 842–2014

## Genotyp-miljösamspel hos tall i norra Sverige

Genotype-environment interactions in  
northern Swedish Scots pine

Torgny Persson och Tore Ericsson



SKOGFORSK

# Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 842–2014

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

## Titel:

Genotyp-miljösamspel hos tall i norra Sverige.

Genotype-environment interactions in northern Swedish Scots pine.

## Bildtext:

Plusträd S01BD1057 valdes på 1950-talet vid Ö. Jutis, Jäkkvik-Arjeplog. Plusträdet är ympat till tallfröplantagerna 4 Skatan och 401 Hortlax.

## Ämnesord:

*Pinus sylvestris* L.,  
genotyp-miljösamspel,  
genetiska korrelationer.

Genotype-environment interactions, genetic correlations.

## Redigering och formgivning:

Ingegerd Hallberg

© Skogforsk 2014

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



**Torgny Persson**, SkogD skogsgenetik.  
Anställd på Skogforsk sedan 1992 och arbetar i forskningsprogrammet Skogsträdsförädling Nord.



**Tore Ericsson**, Docent skogsgenetik.  
Anställd på Skogforsk mellan 1992–2012 och arbetade i forskningsprogrammet Skogsträdsförädling Nord (i dag pensionär).

## Abstract

Data from 71 field trials (7-31-year-old trees) of full-sib or open-pollinated offspring from Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) plus trees were used to estimate the amount of genotype by environment interaction for survival and tree height in northern Sweden. The field trials were located at sites spanning a wide range of environmental conditions. The genotype by environment interactions were derived using the type B genetic correlation between the same traits measured in different trials, estimated by multivariate REML analyses.

A total of 59 and 117 type B correlations were calculated for survival and tree height, respectively. The type B genetic correlations for survival and tree height averaged 0.62 and 0.66, respectively, indicating a moderate genotype by environment interaction for both traits, although there was substantial variation among pairs of sites. The results also demonstrated that assessment age, latitude, temperature sum and average survival influenced the correlation estimates.

## Innehåll

Sammanfattning.....	2
Introduktion.....	2
Material och metoder.....	3
Resultat och diskussion .....	4
Referenser.....	9
Bilaga 1 Beskrivning av fältförsöken som ingick i studien.....	11

## Sammanfattning

Projektet baserades på redan insamlade överlevnads- och tillväxtdata från 71 fältförsök fördelade på 19 försöksserier i norra Sverige. Vid beräkning av storleken på genotyp-miljösamspelet utnyttjades den genetiska korrelationen mellan samma egenskap mätt i olika försök. Beräknade medeltal för skattade genetiska korrelationer för vitalitet (fältöverlevnad) och trädhöjd låg i intervallet 0,62 till 0,66, vilket tyder på ett relativt moderat genotyp-miljösamspel inom dessa egenskaper. Resultaten visade också att revisionsålder, försökslatitud, temperatursumma och medelöverlevnad i försöken påverkade korrelationskattningarna.

## Introduktion

Korrekta skattningar av genetiska parametrar är nödvändiga i många tillämpningar av förädlingsarbetet. Som exempel är storleken på den genetiska variationen och miljöfaktorers inverkan på uttrycket av en egenskap direkt vägledande vid val av teststrategi och försöksdesign samt vid beräkning av framtida vinster i förädlingsarbetet. En viktig och ofta kritisk parameter i dessa sammanhang är storleken på genotyp-miljösamspelet. Genotyp-miljösamspel gör att rangordningen mellan familjer för en egenskap varierar mellan försökslokaler. En förklaring till rangvariationen mellan försök kan vara att de olika miljöerna påverkar vilka gener som är verksamma (d.v.s. delvis olika egenskaper kommer till uttryck).

Vid beräkning av storleken på genotyp-miljösamspelet används ofta den genetiska korrelationen mellan samma egenskap mätt i olika försök (Falconer, 1952). En genetisk korrelation omkring 0,8 säger att genotyp-miljösamspelet är ringa (erfarenhetstal), medan ett så lågt värde som 0,3 tyder på att samspelet är avsevärt och att lokalerna har olika inverkan på trädens egenskapsuttryck. Storleken på genotyp-miljösamspelet blir avgörande för vilken teststrategi som bör tillämpas (antal försök och försökens spridning, testdesign, m.m.) och även möjligheten att utnyttja material från flera förädlingspopulationer för att höja vinsten vid urvalet av träd till fröplantager. En enskild korrelationskattning är vanligtvis behäftad med en stor felvariation, varför det krävs ett stort antal skattningar för att få ett stabilt medelvärde.

Per definition är genotyp-miljösamspelet kopplat till de miljöer där materialet används. Lindgren (1984); Gullberg och Vegerfors (1987); Zhelev et al. (2003) har presenterat siffror på genotyp-miljösamspelet för höjdtillväxt, men på mindre tallmaterial och på sydliga lokaler. Hannrup et al. (2008) redovisade, efter en genomgång av 66 tallförsök fördelade på 17 försöksserier i södra Sverige, genetiska korrelationer mellan försökslokaler i spannet 0,75 – 0,80 för höjd och diametertillväxt. Därutöver har Haapanen (1996) och Kroon (2011) presenterat genomsnittliga korrelationer på 0,61 respektive 0,76 för höjdtillväxt som baserades på fältdata från 30 finska (fördelade på 8 försöksserier) respektive 5 svenska (lokaliserade mellan latitud 64,5 – 65,6°N) tallförsök. Utöver detta finns det få studier publicerade som belyser storleken på genotypmiljösamspelet i nordliga tallförsök (norr om latitud 60°N).

November 2005 beviljade Föreningen Skogsträdsförädling projektmedel för att undersöka genotyp-miljösamspelet hos tall i norra Sverige. Syftet med projektet var att skatta storleken på genotyp-miljösamspelet (via den genetiska korrelationen mellan samma egenskap mätt i olika försök) med hjälp av redan insamlad fältinformation från ett stort antal norrländska tallavkommeförsök.

## Material och metoder

Projektet baserades på redan insamlade överlevnads- och tillväxtdata från 71 fältförsök fördelade på 19 försöksserier (Bilaga 1). Antalet försök i respektive serie varierade mellan 2–6. Försöken var lokaliserade mellan latitud 60–68°N (Figur 1) och täckte klimatintervallet 496–1 085 dygngrader (Bilaga 1). Den genomsnittliga spridningen i latitud mellan försök inom en serie varierade mellan 0,44 och 1,7 decimalgrader med ett genomsnitt på 0,78 decimalgrader över alla serier. Sammanlagt ingick 359 280 försöksplantor i studien.

Samtliga föräldrar i avkommeprövningsserierna tillhör den ursprungliga bas-generationen av fenotyputvalda plusträd. Avkommorna i försöken bestod endera av hel- eller halvsyskonmaterial (polycross) från kontrollerade korsningar, eller halvsyskonmaterial odlat från frö insamlat i de ursprungliga plus-trädsbestånden. Antalet försöksled (hel- och halvsyskonfamiljer samt mätarsorter) och upprepningar inom en serie varierade mellan 39–391 respektive 8–70, med genomsnitt 198 respektive 33 över alla serier (Bilaga 1). I 69 försök var plantorna fullständig randomiserade utan blockindelning ("single tree plot" design) medan resterande två försök var designade som familjeparceller, med fyra träd per parcell, upprepade 10 gånger.

Försöksserierna etablerades mellan 1970–1996 och hade reviderats en till tre gånger mellan 7–31 års ålder. Vid samtliga revisionstillfällen registrerades vitalitet (fältöverlevnad), trädhöjd och skador. Vitaliteten bedömdes i fyra klasser (död, svårt, betydande respektive ingen nedsatt vitalitet). Trädhöjden från mark till toppknopp var mätt i cm eller dm.

Skattade genetiska korrelationer hämtades från en databas sammanställd i samband med uppbyggnad av TREEPLAN<sup>®</sup>-systemet. Vi valde ut alla tillgängliga kombinationer av mellanförsökskorrelationer inom egenskaperna vitalitet och trädhöjd från ovan beskrivna försöksserier. De genetiska korrelationerna var beräknade med hjälp av bi- eller multivariat mixed-model-metodik. Endast korrelationsskattningar mellan försök med likvärdig revisionsålder och med en arvbarhet (heritabilitet) som översteg 0,03 för vitalitet respektive 0,05 för trädhöjd togs med i studien. För att undvika bias vid medeltalsberäkningar medräknades även korrelationsskattningar med extrema utfall (>1).

Med utgångspunkt från 59 och 117 genetiska mellanförsökskorrelationer för vitalitet respektive trädhöjd som beroende variabel genomfördes en regressionsanalys (SAS, 1999) mot ett antal förklarande försökskaraktärer enligt modellekvationen:

$$r_{A_{ij}} = \beta_0 + \beta_1 \text{Ålder}_{ij} + \beta_2 \text{Latitud}_{ij} + \beta_3 \text{Tsum}_{ij} + \beta_4 \text{Latitud}_{ij} \cdot \text{Tsum}_{ij} + \beta_5 \Delta \text{Lev}_{ij} + \beta_6 \Delta \text{Tsum}_{ij} + e_{ij},$$

där  $r_{A_{ij}}$  är den skattade genetiska korrelationen mellan försök  $i$  och  $j$ ;  $\beta_0$  är intercept;  $\beta_1$  till  $\beta_3$  är koefficienter för aritmetiska medelvärdet av revisionsålder, latitud i decimalgrader respektive temperatursumma i dygngrader vid tröskeltemperatur  $+5^\circ\text{C}$  (Morén och Perttu, 1994), för försök  $i$  och  $j$ ;  $\beta_4$  är koefficienten för samspelstermen mellan latitud och temperatursumma, för försök  $i$  och  $j$ ;  $\beta_5$  och  $\beta_6$  är koefficienter för absolutalet av skillnaden i medelöverlevnadsprocent respektive temperatursumma mellan försök  $i$  och  $j$  och  $e_{ij}$  är residualen.

Vi provade även andra förklarande variabler i modellen (t.ex. försöksmedelvärde för överlevnadsprocent och trädhöjd samt absolutalet av skillnaden i latitud mellan försöken) men som visades sig sakna signifikans.

## Resultat och diskussion

Spridningen bland de 59 genetiska korrelationsskattningarna mellan försök för vitalitet ( $r_{A-VIT}$ ) var stor med värden från  $-0,35$  till  $1,17$  (Figur 2), med aritmetiskt medel- och medianvärde  $0,62$  respektive  $0,67$  (Tabell 1). Korrelationskattningarna var väl spridda över revisionsålder, försökslatitud och temperatursumma (Figur 3). Inga tydliga mönster gick att avläsa för  $r_{A-VIT}$  i Figur 3 och de spridda punktsvärmarna avspeglade sig som en relativt låg förklaringsgrad ( $R^2 = 0,37$ ) i regressionsanalysen. Vissa trender gick trots allt att observera. I Figur 3 tenderar  $r_{A-VIT}$  att ökar med stigande latitud, vilket också visade sig i regressionsanalysen med en signifikant positiv latitudeffekt (Tabell 2). Regressionsanalysen påvisade också en positiv ålderseffekt. Det är väl känt att avgångarna i tallföryngringar fortskrider långt upp i åldrarna (Persson och Ståhl, 1993) och den positiva trenden med stigande ålder och latitud kan sannolikt förklaras med att egenskapen vitalitet uttrycks bättre ju äldre försöket är (åtminstone i åldersintervallet 7–31 år) och i ett nordligare/kärvarare klimat.

Det fanns även en tendens (dock ej signifikant) att  $r_{A-VIT}$  minskade om skillnaden i medelöverlevnad ( $\Delta \text{Lev}$ , Tabell 2) var stor mellan försöken. Medelöverlevnaden i ett försök presenterar den samlade bilden från alla typer av störningar på en försökslokal som förorsakat plantdöd, men på nordliga breddgrader är det som regel det kärva klimatet som är den primära avgångsorsaken. Även om parameterskattningen för  $\Delta \text{Lev}$  inte var signifikant så stöder den hypotesen att det är olika gener som reglerar överlevnaden på en mild jämfört med en kärv försökslokal.

I studien ingick 117 genetiska korrelationsskattningarna mellan försök för höjd ( $r_{A-HJD}$ ) och även här noterades en stor spridning mellan skattningarna, med värden från  $-0,37$  till  $1,42$  (Figur 2). Aritmetiskt medel- och medianvärde för  $r_{A-HJD}$  beräknades till  $0,66$  respektive  $0,71$  (Tabell 1), vilka var något högre jämfört med vitalitet. Medeltalen stämde väl överens med Haapanen (1996); Hannrup et al. (2008); Kroon et al. (2011) som presenterat genomsnittsvärden för  $r_{A-HJD}$  i intervallet  $0,61 - 0,80$ .

Regressionsanalysen med  $r_{A-HJD}$  som beroende variabel uppvisade också en låg förklaringsgrad ( $R^2 = 0,14$ ), men det gick trots detta att avläsa vissa trender i materialet. Den genetiska korrelationen mellan höjd i olika försök tenderade att öka på nordligare försökslokaler (Figur 3), belyst i regressionsanalysen med en signifikant positiv latitudeffekt (Tabell 2). Även temperatursumman påvisade en positiv effekt i regressionsanalysen. Eftersom medehöjden normalt ökar med stigande temperatursumma kan det positiva sambandet med temperatursumma rimligen förklaras med att en högre individ är mindre utsatt för (har växt ifrån) hämmande miljöstörningar och kan därför på ett bättre sätt uttrycka sin verkliga tillväxtpotential. Samtidigt fanns en negativ (dämpande) samspeleffekt mellan latitud och temperatursumma, men effekten var marginell i jämförelse med de enskilda effekterna.

Regressionsanalysen påvisade också en lägre  $r_{A-HJD}$  (dock ej signifikant) om det var en stor skillnad i temperatursumma mellan försöken ( $\Delta T_{sum}$ , Tabell 2). Mönstret kan förklaras med att tillväxten på lokaler med stor skillnad i temperatursumma troligtvis uttrycker något olika tillväxtegenskaper (med olika gener) vilket leder till en lägre genetisk korrelation.

Trenden att höjdtillväxten uttrycks olika i skilda temperaturklimat överensstämmer med resultat presenterat av Persson et al. (2006). Persson et al. (2006) visade i en undersökning av den genetiska korrelationen mellan vitalitet och höjdtillväxt i nordliga tallförsök att hög överlevnad på en kärv lokal som regel är positivt korrelerad med bra höjdtillväxt mätt på samma kärva lokal, men att den genetiska korrelationen blir negativ om höjdtillväxtinformationen för samma försöksmaterial istället är hämtad från en mild lokal. Det motsägelsefulla korrelationsmönstret förklarades med att en individ måste vara frisk för att kunna växa bra och att ett träd med nedsatt vitalitet inte ges möjlighet att uttrycka sin fulla tillväxtkapacitet. Detta leder till att träd på en kärv lokal med nedsatt vitalitet generellt sett växer sämst och att de vitalaste individerna växer bäst. På en mild lokal utan miljöstörningar kan alla träd uppvisa sin riktiga tillväxtpotential, vilket i de flesta fall resulterar i en negativ genetisk korrelation mellan vitalitet och höjdtillväxt.

Avslutningsvis kan man summera att det fanns en betydande spridning bland de  $r_{A-VIT}$  och  $r_{A-HJD}$  som ingick i studien. Beräknade medeltal för skattade mellanförsökskorrelationer låg i intervallet 0,62 till 0,66, vilket tyder på ett generellt sett relativt moderat genotyp-miljösamspel. Huvudresultaten från studien vad gäller inflytande från försökskaraktärer var att  $r_{A-VIT}$  och  $r_{A-HJD}$  ökar med mätålder och försökslatitud respektive försökslatitud och temperatursumma. Resultaten visade också på att genotyp-miljösamspelen tenderar att öka för vitalitet och trädhöjd vid stor skillnad mellan försökslokalerna i medelöverlevnad respektive temperatursumma (dock ganska lite vid jämförelse med huvudeffekterna). Resultaten från studien kommer att utnyttjas och ingå som viktiga pusselbitar vid uppbyggnaden av TREEPLAN<sup>®</sup>-systemet.

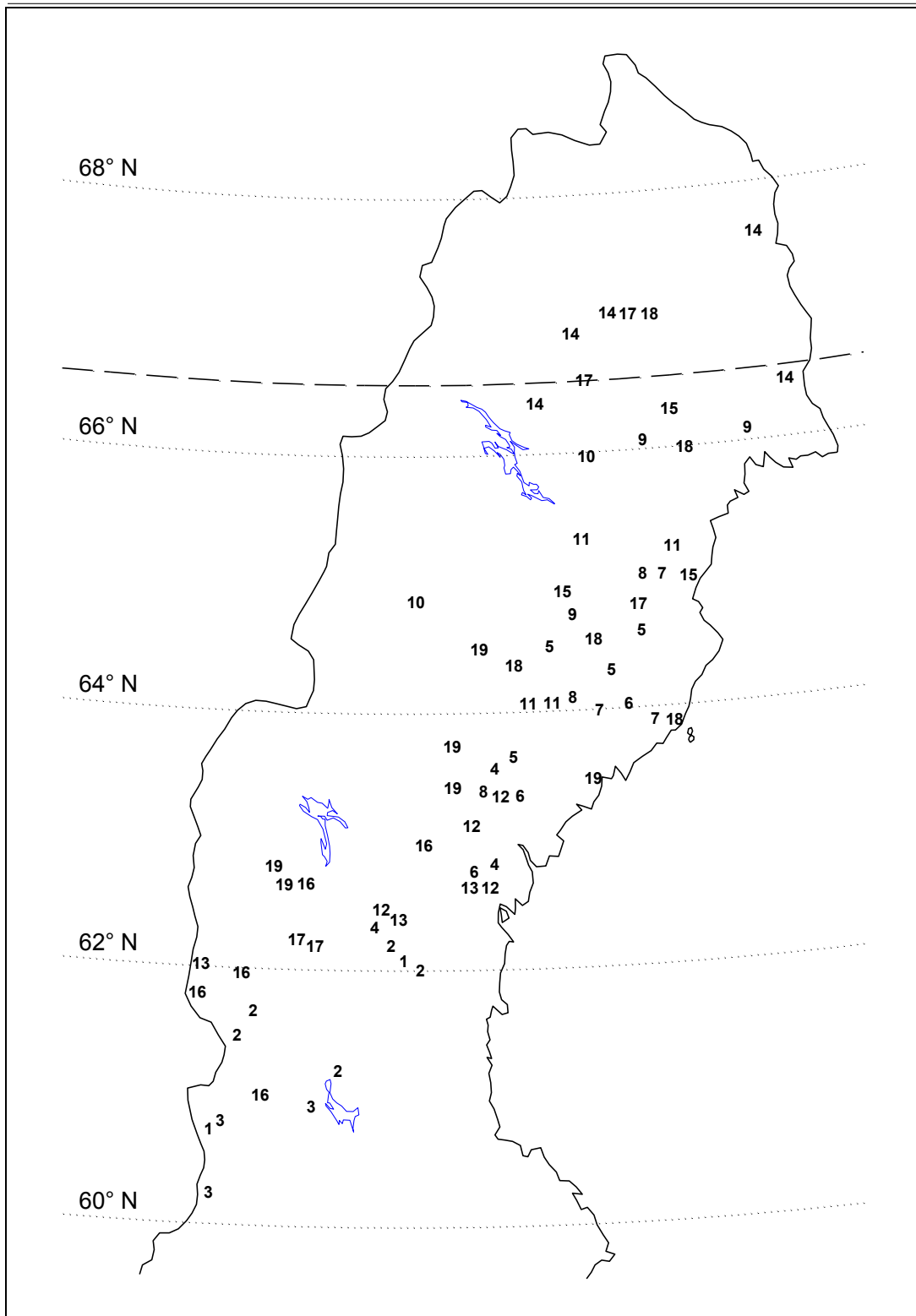
Tabell 1.  
Genomsnittsvärden och spridning för analyserat material.

Egenskap	Medel	Median	Min	Max	Antal
<b>Vitalitet</b>					
$r_A$	0,62	0,67	-0,35	1,17	59
Ålder	16	12	7	31	59
Latitud	64,2	64,1	61,4	67,3	59
$\Delta$ Lev	26	25	0	61	59
<b>Trädhöjd</b>					
$r_A$	0,66	0,71	-0,37	1,42	117
Latitud	63,6	63,4	60,5	67,3	117
Tsum	820	824	505	1041	117
Latitud·Tsum	52 092	52 414	33 691	64 833	117
$\Delta$ Tsum	141	114	2	531	117

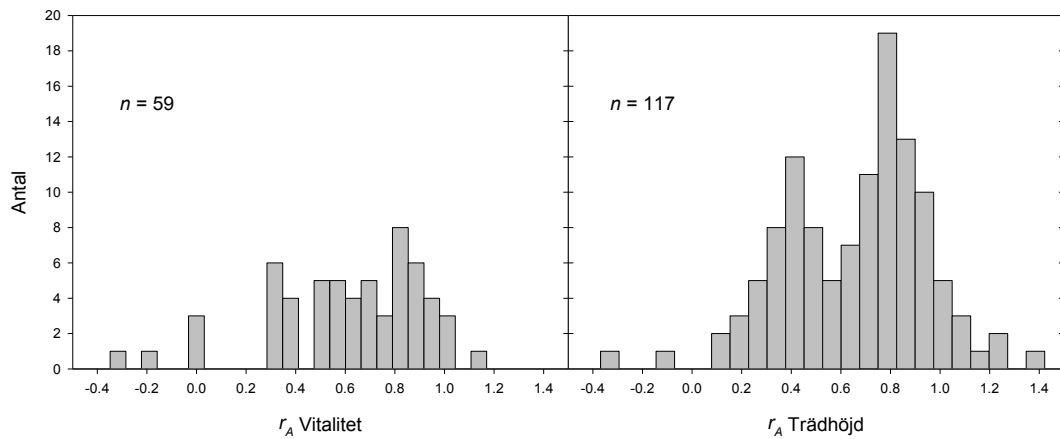
Tabell 2.  
Parameterskattningar från regressionsanalys med den genetiska korrelationen för egenskaperna vitalitet respektive trädhöjd som förklarad variabel.

Variabel	Vitalitet			Trädhöjd		
	Skattning	Medelfel	p-värde	Skattning	Medelfel	p-värde
Intercept	-7,09101	1,46615	<,0001	-15,55560	5,56648	0,0061
Ålder	0,01305	0,00455	0,0059	–	–	–
Latitud	0,11855	0,02233	<,0001	0,25117	0,08626	0,0043
Tsum	–	–	–	0,01682	0,00691	0,0165
Latitud·Tsum	–	–	–	-0,00026	0,00011	0,0179
$\Delta$ Lev	-0,00424	0,00224	0,0638	–	–	–
$\Delta$ Tsum	–	–	–	-0,00041	0,00024	0,0866

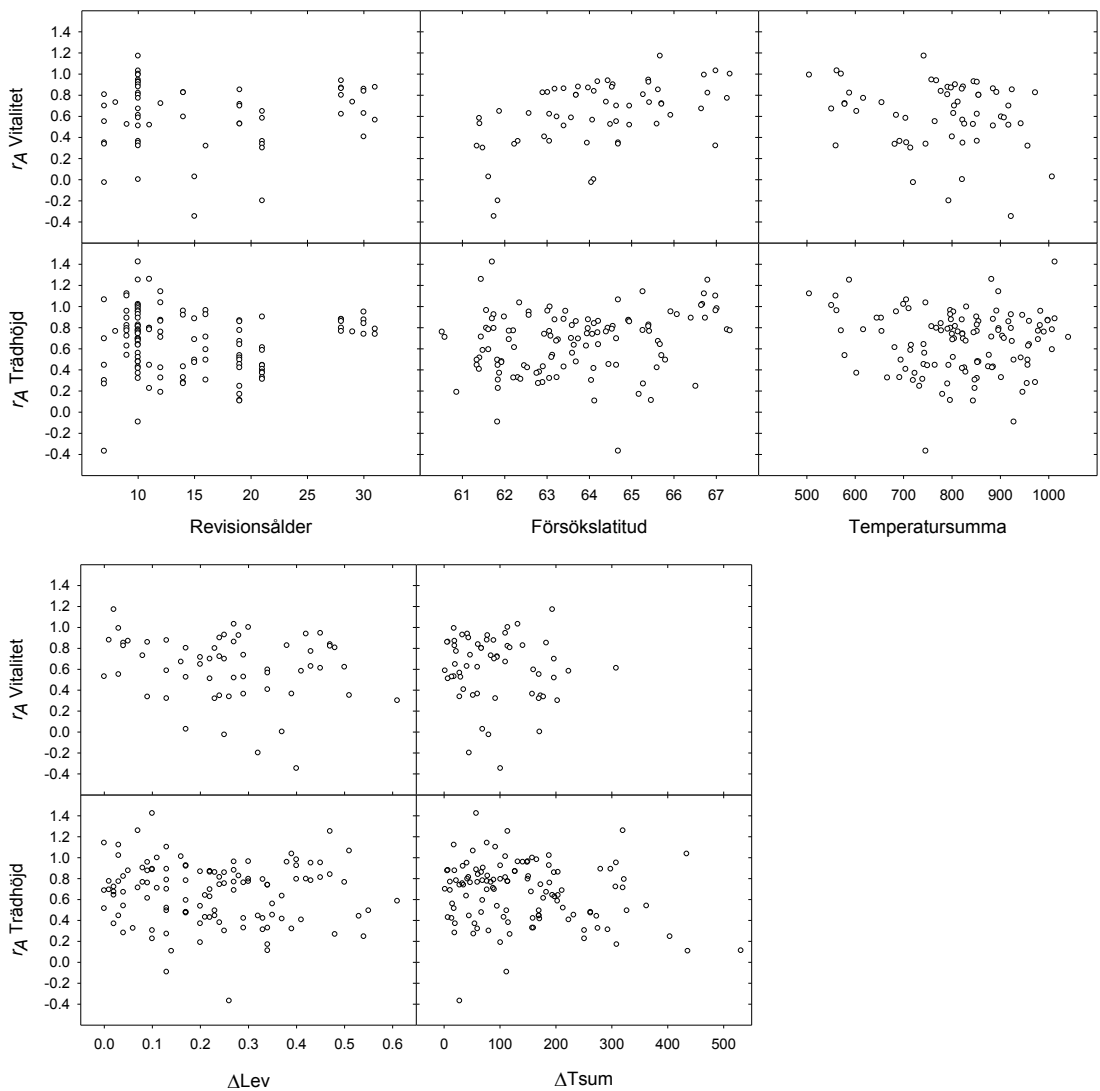




Figur 1.  
Lokalisering av försöken som ingick i studien. Försöksserierna är angivna med löpnummer 11–9 (Bilaga 1). Alla försök inom en försöksserie har tilldelats samma löpnummer.



Figur 2. Frekvensfördelning av den genetiska korrelationen mellan försök för egenskaperna vitalitet och trädhöjd.



Figur 3. Den genetiska korrelationen mellan försök för vitalitet och trädhöjd mot genomsnittlig revisionsålder, försökslatitud och temperatursumma samt ΔLev och ΔTsum. I figuren ingår 59 korrelationskattningar för vitalitet och 117 för trädhöjd.

## Referenser

- Falconer, D. 1952. The problem of environment and selection. *American Naturalist* 86: 293–298.
- Gullberg, U. & Vegerfors, B. 1987. Genotype–Environment interaction in Swedish material of *Pinus sylvestris*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 2: 417–432.
- Haapanen, M. 1996. Impact of family-by-trial interaction on the utility of progeny testing methods for Scots pine. *Silvae Genetica* 45: 130–135.
- Hannrup, B., Jansson, G. & Danell, Ö. 2008. Genotype by environment interaction in *Pinus sylvestris* L. in southern Sweden. *Silvae Genetica* 57: 306–311.
- Kroon, J., Ericsson, T., Jansson, G. & Andersson, B. 2011. Patterns of genetic parameters for height in field genetic tests of *Picea abies* and *Pinus sylvestris* in Sweden. *Tree Genetics & Genomes* 7: 1099–1111.
- Lindgren, D. 1984. Prediction and optimization of genetic gain with regard to genotype x environment interactions. *Studia Forestalia Suecia* 166: 15–24.
- Morén, A.-S. & Perttu, K. L. 1994. Regional temperature and radiation indices and their adjustment to horizontal and inclined forest land. *Studia Forestalia Suecia* 194, 19 pp. ISBN 91-576-4915-4.
- Persson, B. & Ståhl, E.G. 1993. Effects of provenance transfer in an experimental series of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in northern Sweden. Dept. For. Yield Res., Swed. Univ. Agric. Sci. Report 35. 92 p. ISSN 034-7636. (In Swedish with English summary.)
- Persson, T., Ericsson, T. & Andersson, B. 2006. Contrasting covariance patterns between growth and survival in northern *Pinus sylvestris*. In: Persson, T. 2006. Genetic expression of Scots pine growth and survival in varying environments. (*Acta Universitatis Agriculturae Sueciae* 2006:55). Ph.D. thesis 19+p. Umeå: SLU.
- SAS Institute Inc. 1999. *SAS/STAT® User's Guide, Version 8*, Cary, NC: SAS Institute Inc, 3884 pp.
- Zhelev, P., Ekberg, I., Eriksson, G. & Norell, L. 2003. Genotype environment interactions in four full-sib progeny trials of *Pinus sylvestris* (L.) with varying site indices. *Forest Genetics* 10(2): 93–102.



# Bilaga 1

## Beskrivning av fältförsöken som ingick i studien

Lokalnummer	Försöks- serie	Lat. °N	Long. °Ö	H.ö.h. (m)	Tsum. <sup>a</sup>	Areal (ha)	Antal f.led.	Antal upprepning	Antal plantor
S22F851A1	1	62.05	15.89	290	934	1,4	158	20	3 360
S22F851A4	1	60.77	12.71	360	952	1,2	159	20	2 908
S22F891202A	2	61.47	13.08	405	872	1,0	120	20	2 400
S22F891202C	2	61.21	14.74	220	1 042	0,7	87	20	1 760
S22F891202D	2	62.02	16.02	245	973	0,7	84	20	1 760
S22F891202E	2	61.67	13.33	570	722	0,6	80	20	1 600
S22F9210219	2	62.19	15.60	220	984	0,9	104	20	2 160
S22F9410247	3	60.93	14.32	295	997	0,6	102	10	1 020
S22F9410248	3	60.24	12.73	240	1 085	0,4	100	10	1 000
S22F9410250	3	60.80	12.86	425	896	0,4	88	10	880
S23F7010258	4	62.33	15.37	450	783	3,0	187	40	7 480
S23F7110260	4	62.82	17.28	365	824	3,6	187	40	7 400
S23F7110261	4	63.56	17.41	320	818	3,5	184	40	7 240
S23F7110262	5	64.50	18.46	290	836	2,9	180	40	7 200
S23F7110263	5	63.65	17.75	325	808	3,8	201	40	7 880
S23F7110264	5	64.30	19.57	300	789	4,0	211	40	8 160
S23F7110265	5	64.58	20.15	330	747	3,9	209	40	8 080
S23F7210279	6	63.35	17.63	330	822	4,1	211	40	8 390
S23F7310280	6	64.03	19.85	200	889	4,0	209	40	8 320
S23F7310281	6	62.77	17.12	300	882	4,1	210	40	8 400
S23F7410282	7	65.02	20.43	260	829	3,3	169	40	6 720
S23F7410283	7	63.98	19.32	240	859	2,8	163	40	6 000
S23F7410285	7	63.88	20.55	10	1 057	2,6	162	40	6 480
S23F7510312	8	65.02	20.43	260	829	3,1	162	40	6 430
S23F7610316	8	64.10	18.62	380	785	3,1	161	40	6 422
S23F7710313	8	63.38	17.60	280	862	2,7	142	40	5 680
S23F7710327	9	66.08	22.47	110	891	3,6	189	40	7 508
S23F7710328	9	64.73	18.90	300	813	3,8	195	40	7 783
S23F7810329	9	66.07	20.43	335	703	3,2	167	40	6 680
S23F7810332	10	64.87	16.03	470	613	1,7	52	70	3 520
S23F7810333	10	65.97	19.33	350	697	1,6	49	70	3 360
S23F7910337	11	65.32	19.15	355	732	1,6	48	70	3 360
S23F7910338	11	65.23	20.83	220	850	1,9	55	70	3 840
S23F7910339	11	64.05	18.53	350	760	1,6	49	70	3 360
S23F7910340	11	64.05	18.08	450	680	1,7	50	70	3 400
S23F8010345	12	63.35	17.63	330	822	1,8	53	70	3 760
S23F8010346	12	63.12	16.98	155	982	1,8	53	70	3 720
S23F8010347	12	62.68	17.10	210	963	1,8	53	70	3 640
S23F8010348	12	62.47	15.43	265	929	1,8	53	70	3 720
S23F8010350	13	62.40	15.55	420	804	1,4	40	70	2 880
S23F8310351	13	62.68	17.10	210	963	1,3	40	70	2 623
S23F8510428	13	62.02	12.42	775	529	0,8	39	40	1 563
S23F8310356	14	67.05	20.30	490	514	2,0	391	28	10 080

Fortsättning på tabell.

Lokalnummer	Försöks- serie	Lat. °N	Long. °Ö	H.ö.h. (m)	Tsum. <sup>a</sup>	Areal (ha)	Antal f.led.	Antal upprepning	Antal plantor
S23F8310357	14	66.38	18.37	560	496	2,0	391	28	9 860
S23F8510422	14	66.44	23.29	200	794	1,8	375	27	8 080
S23F8510423	14	67.60	23.00	315	628	2,2	375	27	9 760
S23F8610429	14	66.92	19.15	390	606	2,2	315	21	6 660
S23F8610434	15	66.28	20.98	165	833	1,5	226	19	4 380
S23F8610435	15	64.92	18.75	280	819	1,3	226	17	3 900
S23F8610436	15	64.98	21.10	40	1 016	0,9	226	12	2 640
S23F8710448	16	62.97	16.17	280	886	0,9	160	16	2 560
S23F8710449	16	62.67	14.00	440	771	2,0	195	20	3 840
S23F8710450	16	61.01	13.49	505	816	2,4	257	19	4 920
S23F8710451	16	61.96	13.11	680	613	1,5	222	19	4 360
S23F8710452	16	61.79	12.39	715	593	1,7	185	19	3 530
S23F9010495	17	67.05	20.32	470	531	1,3	331	14	4 486
S23F9010496	17	66.55	19.37	370	645	2,3	331	14	4 460
S23F9010497	17	64.80	20.13	265	839	1,5	331	14	4 500
S23F9010498	17	62.18	14.28	535	721	1,5	331	14	4 501
S23F9010499	17	62.23	14.07	395	835	1,5	331	14	4 414
S23F9110506	18	63.88	20.55	5	1 062	1,3	378	17	6 540
S23F9110507	18	64.55	19.27	260	858	2,2	378	17	6 600
S23F9110508	18	64.37	17.80	550	626	2,3	378	18	6 960
S23F9110509	18	65.98	21.22	65	935	2,5	378	20	7 590
S23F9110510	18	67.05	20.32	470	531	2,8	378	22	8 520
S23F9610609	19	63.46	19.25	40	1 058	1,6	312	11	3 340
S23F9610611	19	62.80	13.60	520	696	1,1	263	8	2 214
S23F9610612	19	62.72	13.92	460	751	1,3	263	10	2 626
S23F9610613	19	63.42	16.67	280	909	3,0	317	29	9 136
S23F9610614	19	63.73	16.67	260	907	2,5	292	15	4 362
S23F9610615	19	64.48	17.18	410	736	1,6	305	15	4 614

<sup>a)</sup> Skattad temperatursumma i dygngrader vid tröskeltemperatur +5°C (Morén & Perttu, 1994).

## Arbetsrapporter från Skogforsk fr.o.m. 2013

2013

- Nr 786 Grönlund, Ö. & Eliasson, L. 2013. Knivslitage vid flisning av grot. Effects of knife wear on performance and fuel consumption for a small drum chipper. 12 s.
- Nr 787 Sonesson, J. & von Hofsten, H. 2013. Effektivare fältarbete med nya datakällor för skogsbruksplanering.
- Nr 788 Bhuiyan, N., Arlinger, J. & Möller, J.J. 2013. Kvalitetssäkring av beräkningsresultat från hprCM och konvertering av pri- till hpr-filer. – Quality assurance of calculation results from hprCM and conversion of prifiles to hpr files. 24 s.
- Nr 789 Brunberg, T. 2013. Bränsleförbrukningen hos skördare och skotare 2012. – Fuel consumption in forest machines 2012. 12 s.
- Nr 790 Eliasson, L. 2013. Skotning av hyggestorkad grot. 11 s.
- Nr 791 Andersson, G. & Frisk, M. 2013. Skogsbrukets transporter 2010. – Forestry transports in 2010. 91 s.
- Nr 792 Nordström, M. & Möller, J.J. 2013. Kalibrering av skördarens mätsystem. – En kartläggning av nuläge och utvecklingsbehov. A review of current status and development needs. 15 s.
- Nr 793 Lombardini, C., Granlund, P. & Eliasson, L. 2013. Bruks 806 STC. 0150 – Prestation och bränsleförbrukning. 9 s.
- Nr 794 Fridh, L. 2013. Kvalitetssäkrad partsmätning av bränsleved vid terminal. – Quality-assured measurement of energy wood at terminals.
- Nr 795 Hofsten von, H. & Brantholm, M.-Å. 2013. Kostnader och produktivitet i stubbskörd – En fallstudie. 9 s.
- Nr 796 Brunberg, T. & Iwarsson Wide, M. 2013. Underlag för prestationshöjning vid flerträds-hantering i gallring – Productivity increase after multi-tree handling during thinning. 7 s.
- Nr 797 Spatial distribution of logging residues after final felling. – Comparison between forest fuel adapted final felling and conventional final felling methods. Trädresternas rumsliga fördelning efter slutavverkning. – Jämförelse mellan bränsleanpassad och konventionell avverkningsmetod. 19 s.
- Nr 798 Möller, J.J., Arlinger, J. & Nordström, M. 2013. Test av StanForD 2010 implementation i skördare.
- Nr 799 Björheden, R. 2013. Är det lönsamt att täcka grotten? Effekten av täckpappens bredd på skogsbränslets kvalitet. – Does it pay to cover forest residue piles? The effect of tarpaulin width on the quality of forest chips. 15 s.
- Nr 800 Almqvist, C. 2013. Metoder för tidig blomning hos tall och gran. – Slutrapport av projekt 40:4 finansierat av Föreningen skogsträdsförädling. – Early strobili induction in Scots pine and Norway spruce. – Final report of Project no. 40:4, funded by the Swedish Tree Breeding Association. 26 s.
- Nr 801 Brunberg, T. & Mohtashami, S. 2013. Datoriserad beräkning av terrängtransportavståndet. – Computerised calculation of terrain transport distance. 8 s.
- Nr 802 Sonesson, J., Eliasson, L., Jacobson, S., Wilhelmsson, L. & Arlinger, J. 2013. Analyses of forest management systems for increased harvest of small trees for energy purposes in Sweden.

- Nr 803 Edlund, J., Jonsson, R. & Asmoarp, V. 2013. Fokusveckor 2013 – Bränsleuppföljning för två fordon inom ETTdemo-projektet, ST-kran och ST-grupp. – Monitoring fuel consumption of two rigs in the ETTdemo project, ST-crane and ST-group. 22 s.
- Nr 804 Iwarsson-Wide, M., Olofsson, K., Wallerman, J., Sjödin, M., Torstensson, P. O., Aasland, T., Barth, A. & Larsson, M. 2013. Effektiv volymuppskattning av biomassa i vägkanter och ungskogar med laserdata. – Effective estimate of biomass volume on roadsides and in young forests using laser data 40 s.
- Nr 805 Iwarsson-Wide, M., L., Bäfver, Renström, C. & SwedPower, P. 2013. Fraktionsfördelning som kvalitetsparameter för skogsbränsle – Kraft- och värmeverkens perspektiv. 38 s.
- Nr 806 Englund, M. & Jönsson, P. 2013. LED-lampor i såglådan – En pilotstudie. – LED lamps in the saw box – A pilot study. 8 s.
- Nr 807 Nordlund, A., Ring, E., Högbom, L. & Bergkvist, I. 2013. Beliefs among Formal Actors in the Swedish Forestry Related to Rutting Caused by Logging Operations. – Attityder och åsikter med koppling till körskador inom olika yrkesgrupper i skogsbruket 18 s.
- Nr 808 Arlinger, J. & Jönsson, P. 2013. Automatiska tidsstudier i skogsmaskinsimulator. – Driftuppföljning och produktionsdata enligt StanFord 2010. Automatic time-studies in forest machine simulators – Operational monitoring and production data according to StanForD 2010. 10 s.
- Nr 809 Englund, M., Mörk, A. & Jönsson, P. 2013. Skotartävling på Elmia – Kran- och motorinställningars påverkan på bränsleförbrukning och tidsåtgång. Forwarder contest at Elmia. – Effect of crane and engine settings on fuel consumption and speed of work. 9 s.
- Nr 810 Eliasson, L., Lombardini, C., Lundstruöm, H. & Granlund, O. 2013. Eschlböck Biber flishugg – Prestation och bränsleförbrukning – Rangering av fliscontainrar med en John Deere 1410 containerskyttel.
- Nr 811 Eliasson, L. 2013. En simulering av en integrerad skördare för förpackad flis vid energiuttag i gallring. – Simulation of an integrated harvester for pre-packaged chips during energy harvest in early thinning. 16 s.
- Nr 812 Englund, M. 2013. Test av stolar och tillbehör med avseende på helkroppsvibrationer. Test of seats and associated equipment in terms of whole-body vibrations. 32 s.
- Nr 813 Enström, J., Athenasiadis, D., Grönlund, Ö. Öhman, M. 2013. Framgångsfaktorer för större skogs bränsleterminaler. – Success factors for larger energy wood terminals. 37 s.
- Nr 814 Wennström, U. 2013. Holmens fröbehov, produktion och genetisk kvalitet 2012-2060. – Holmen's seed requirements: production and genetic quality 2012–2060. 50 s.
- Nr 815 Hannrup, B., Andersson, M., Larsson, J., Sjöberg, J. & Johansson, A. 2013. Slutrapport för projekt "Beröringsfri diametermätning i skördare – Utveckling av skräpreducerande skydd". Final report of the project 'Hands-free measurement of stem diameter in harvesters. – Development of waste-reducing protection'. 71 s.
- Nr 816 Eriksson, E. & Täljblad, M. 2013. Prekal – Självföryngring före slutavverkning. – Slutrapport Försök 1–6. Prekal. – Natural regeneration before final felling. Final report, Experiments 1–6. 28 s.



2014

- Nr 817 John Arlinger, Torbjörn Brunberg, Hagos Lundström och Johan Möller. Jämförelse av JD1170E och JD1470E i slutavverkning hos SCA Skog AB hösten 2013. Comparison of JD1170E and JD1470E in final felling at SCA Skog AB, autumn 2013. 29 s.
- Nr 818 Bergkvist, I., Friberg, G., Mohtashami, S. & Sonesson, J. 2014. STIG-projektet 2010–2014. The STIG Project, 2010-2014. 19 s.
- Nr 819 Björheden, R. 2014. Studie av Fixteri FX15a klenträdsbuntare. – Study of Fixteri FX15a small-tree bundling unit. 21 s.
- Nr 820 Löfroth, C. & Brunberg, T. 2014. Bränsleförbrukningen hos rundvirkesfordon 2008 och 2013. Fuel consumption of roundwood vehicles in 2008 and 2013. 12 s.
- Nr 821 Jönsson, P., Hannrup, B., Gelin, O. & Löfgren, B. 2014. Utvärdering av sågenheten R5500 med avseende på kaptid och energiåtgång. Evaluation of the R5500 sawing unit in terms of bucking time and fuel consumption. 24 s.
- Nr 822 Eliasson, L. & Johannesson, T. 2014. Effekten av olika bottensäll på prestation, bränsleförbrukning och flisens fraktionsfördelning för flishuggarna Kesla 645 och Eschlböck Biber-92. – Effects of sieve size on chipper productivity, fuel consumption and chip size distribution for the chippers Kesla 845 and Eschlböck Biber-92. 18 s.
- Nr 823 Eliasson, L., Lombardini, C., Granlund, P., Magagnotti, N. & Spinelli, R. 2014. Prestation och bränsleförbrukning för en lastbilsmonterad Pezzolato PTH 1200/820 flishugg. – Performance and fuel consumption of a truck-mounted Pezzolato PTH 00/820 chipper. 12 s.
- Nr 824 Iwarsson- Wide, M. Grönlund, Ö. 2014. Lastindikatorer och lastbärarvägar. 15 s. – Load indicators and weighing devices on load carriers 12 s.
- Nr 825 Sikström, U. 2014. Föryngring av gran under högskärm: Försöksverksamhet vid Bergvik Skog – Uppföljning 2013. – Regeneration of Norway spruce under shelterwood: Comparison of two types of thinning at the preparatory felling. 48 s.
- Nr 826 Englund, M. 2014. Mätning av mental arbetsbelastning – En metodstudie. 27.
- Nr 827 Jönsson, P., Björheden, R. & Eliasson, L. 2014. Destinering och lägesbyten för att effektivisera transportererna av sko gsfis. – Destination and location exchange will reduce transportation distance. 11 s.
- Nr 828 Barth, A., Holmgren, J., Wilhelmsson, L. & Nordström, M. 2014. Evaluation of single tree based estimates with terrestrial laser scanning in Sweden.
- Nr 829 Jacobson, S. Asktilförsel och dess påverkan på trädens tillväxt och näringsstatus – Revision av sex fältförsök. 32 s.
- Nr 830 Björheden, R. 2014. Proceedings of the Nordic Baltic Conference OSCAR14. Solutions for Sustainable Forestry Operations, June 25-27, NOVA Park Conference, Knivsta, Sweden. – Proceedings från den Nordiska Baltiska konferensen OSCAR14 Solutions for Sustainable Forestry Operations, June 25–27, 2014, NOVA Park Conference, Knivsta, Sverige. 114 s.
- Nr 831 Widinghoff, J. 2014. Kontinuerlig uppföljning av drivmedelsförbrukning och lastfyllnadsgrad för ETT- och ST-fordon. – Continual monitoring of fuel consumption and load utilisation of ETT- and ST-vehicles. 21 s.
- Nr 832 Fridh, L. 2014. Utvärdering av fukthaltsmätare METSO MR Moisture Analyzer. Evaluation of the METSO MR Moisture Analyzer. 8 s.

- Nr 833 Eliasson, L., Lundström, H. & Granlund, P. 2014. Bruks 806 STC. – En uppföljande studie av prestation och bränsleförbrukning. – A performance and fuel consumption when chipping logging residues of beech 10 s.
- Nr 834 Sonesson, J., Berg, S., Eliasson, L., Jacobson, S., Widenfalk, O., Wilhelmsson, L., Wallgren, M. & Lindhagen, A. SLU. Konsekvensanalyser av skogsbrukssystem. – Täta förband i tallungskogar. 105 s.
- Nr 835 Eliasson, L. 2014. Flisning av bränsleved och delkvistad energived med en stor trumhugg–CBI6400.
- Nr 836 Johansson, F., Grönlund, Ö., von Hofsten, H. & Eliasson, L. 2014. Huggbilshaverier och dess orsaker. – Chipper truck breakdowns and their causes. 12 s.
- Nr 837 Rytter, L. & Lundmark, T. 2014. Trädslagsförsök med inriktning på biomassaproduktion – Etapp 2. – Tree species trial with emphasis on biomass production. 20 s.
- Nr 838 Skutin, S.-G. 2014. Simulering av TimberPro drivare med lastanordning i slutavverkning.
- Nr 839 Fridh, L. 2014. Evaluation of the METSO MR Moisture Analyser. – Utvärdering av fukthaltsmätare METSO MR Moisture Analyzer. s. 8.
- Nr 840 Andersson, G. & Svenson, G. 2014. Viktsutredningen del 2. Vägning för transportvederlag.
- Nr 841 Mullin, T. J. 2014. OPSEL 1.0: a computer program for optimal selection in forest tree breeding. s. 20.
- Nr 842 Persson, T. & Ericsson, T. 2014. Genotyp-miljösamspel hos tall i norra Sverige. Genotype-environment interactions in northern Swedish Scots pine. 12 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

Två forskningsområden:

- Skogsproduktion
- Virkesförsörjning

### 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. 842–2014



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