REDOGÖRELSE

FRÅN SKOGFORSK NR. 4 2008

Effekt av gallringsform i tallförsöket Kolfallet
Ett underlag för utformningen av olika gallringsstrategier

THE INFLUENCE OF THINNING FORM IN THE KOLFALLET PINE TRIALS
— AN AID TO THE FORMULATION OF DIFFERENT THINNING STRATEGIES

Folke Pettersson

Folke Pettersson, jägmästare 1978. Anställdes 1978 vid dåvarande Institutet för skogsförbättring, där han arbetade med skogsgödslingsfrågor. Efter Skogforsks tillkomst har arbetsuppgifterna breddats till att omfatta skogsproduktionsfrågor i stort, med fokus på röjning och gallring.

ABSTRACT

This report includes an account of, and discussions on, the influence of different thinning methods in the Kolfallet Scots-pine thinning trials, in which thinning was carried out twice. In both thinnings, the thinning weight was 30 % of the basal area, which included thinning in the striproads, which were spaced 18 and 32 m apart. In the first thinning, the dominant height was 15 m, the basal area 31 m^2/ha, the number of stems 1,950 per ha, and the growing stock 210 m^3 (solid i.b.) per ha.

In the Kolfallet trials, low thinning consistently produced a higher return than either thinning for quality or high thinning, according to the summary of the net return and stumpage value in the residual stand, after inclusion of the results of the second thinning. Both the structure in the residual stands after the second thinning, and the calculation of the net present value (which included a projection of future logging), showed that the future, and thus total, value was higher after low thinning — and that the value of high thinning was lowest. Low thinning also achieves the shortest rotation for a given mean diameter in the final-felling stand. High thinning is a potentially suitable option in early thinnings following a heavy cleaning regime in stands with few evenly distributed stems, or in later thinnings following an initial low thinning in medium-aged stands.

There is also evidence to suggest that low thinning, with a practical bias towards free thinning, will often be more profitable than high thinning in both Scots-pine and Norway-spruce stands. There were five advantages from low thinning in the first thinning:

1. Faster diameter growth and higher volume increment
2. Higher-quality timber
3. Better resistance to snow and wind damage, and reduced natural thinning
4. Greater flexibility and simplified planning
5. Better-suited sites for fertilization

Ämnesord: Tall, gallring, gallringsmetoder, stamval, beståndsutveckling, virkeskvalitet, skador, ekonomi.

Redaktör: Lars Åkerman
Formgivning: Peter Bergman
Ansvarig utgivare: Jan Fryk
Översättning: Raymond W. Lipton
Omslagsfoto: Stefan Örtenblad, Skogen bild

SKOGFORSK

© Skogforsk maj 2008 ISSN 1103-4580
Gävle Offset AB, Gävle

REDOGÖRELSE

Effekt av gallringsform i tallförsöket Kolfallet
Ett underlag för utformningen av olika gallringsstrategier

THE INFLUENCE OF THINNING FORM IN THE KOLFALLET PINE TRIALS — AN AID TO THE FORMULATION OF DIFFERENT THINNING STRATEGIES

Folke Pettersson

Innehåll

Sammanfattning 4

Summery 5

Bakgrund 6

Material och metoder 7
Försöksanläggning 7
Gallringsbehandlingar 7
Gallringsförfarande 8
Skogsproduktion 9
Uppmätningar inför anläggningen och 1:a gallringen 1994 9
Uppmätningar inför 2:a gallringen 2004 9
Bearbetning av inventeringsdata 9
Beräkning av behandlingseffekter på virkesuttag och kvarstående bestånd 9
Ekonomiska beräkningar 10
Beräkningsförutsättningar för 1:a gallring 1994 10
Beräkningsförutsättningar för 2:a gallring och för rotvärde på kvarstående bestånd 2004 10
Prognos för fortsatt beståndsutveckling och nuvärdeskalkyler 11

Resultat 12
Beståndsutveckling 12
Kvalitetsegenskaper 14
Ekonomiskt utfall 17
Värdering av gallringsuttag och kvarstående bestånd 17
Nuvärdeskalkyler 18

Diskussion 23
Gallringsformens påverkan på beståndsutvecklingen 23
Stickvägarnas påverkan på volymproduktionen 24
Gallringsformens påverkan på beståndets kvalitetsegenskaper 24
Kvalitetsegenskaper i förstagallringsbestånd 24
Gallringsformens påverkan på kvalitetsegenskaperna 26
Gallringsstrategins inverkan på risken för vind- och snöskador 26
Gallringsformens och stickvägsavståndets inverkan på risken för avverkningsskador 28
Gallringsformens påverkan på risken för Gremmeniellaskador 29
Långsiktiga ekonomiska effekter av olika röjnings- och gallringsåtgärder 29
Röjning 29
Gallring 29
Gallringsform och skogsgödsling 30

Slutsatser 31

Erkännanden 31

Referenser 32
Bilaga 1 34
Bilaga 2 35
Bilaga 3 36
Bilaga 4 38
Bilaga 5 40
Bilaga 6 42
Bilaga 7 43
Bilaga 8 44
Bilaga 9 45
Bilaga 10 46

Contents

Contents 4

Summary 5

Background 6

Materials and methods 7
Experimental site 7
Thinning methods 7
Thinning procedure 8
Forest production 9
Survey of existing stand prior to setting up of the site and the first thinning, 1994 9
Survey prior to second thinning, 2004
Processing of survey data 9
Calculation of effects of treatment on the cut and residual stand 9
Economic calculations 10
Calculation of assumptions for first thinning, 1994 10
Calculation of assumptions for second thinning & stumpage in residual stand, 2004 10
Projection for continued stand development and present-value calculations 11

Results 12
Stand development 12
Quality characteristics 14
Economic outcome 17
Evaluation of thinning cut and residual stand 17
Present-value calculations 18

Discussion 23
Influence of thinning type on stand development 23
Influence of striproad on volume production 24
Influence of thinning type on stand quality characteristics 24
Quality characteristics in first-thinning stand 24
Influence of thinning type on quality characteristics 26
Influence of thinning regime on risk of windthrow and snow damage 26
Influence of thinning type and striproad spacing on risk of logging damage 28
Influence of thinning type on risk of Scleroderris canker infection 29
Long-term economic effects of different cleaning and thinning measures 29
Cleaning (precommercial thinning) 29
Thinning 29
Thinning type and fertilization 30

Conclusions 31

Acknowledgements 31

Literature cited 32
Appendix 1 34
Appendix 2 35
Appendix 3 36
Appendix 4 38
Appendix 5 40
Appendix 6 42
Appendix 7 43
Appendix 8 44
Appendix 9 45
Appendix 10 46

Sammanfattning

I denna Redogörelse redovisas och diskuteras effekterna av olika gallringsåtgärder i ett tallförsök i Gästrikland – Kolfallet. Resultatet av det här försöket visar att på lång sikt ger en låggallring det högsta totala nettonuvärdet.

Den 1:a gallringen gjordes 1994 vid 35 års ålder och den 2:a tio år senare 2004. Gallringsstyrkan var 30 % på grundytan vid bägge gallringstillfällena inklusive uttag i stickvägar med avstånden 18 respektive 32 m. Vid 1:a gallring var övre höjden ca 15 m, grundytan ca 31 m²/ha, antalet stammar ca 1 950/ha och virkesförrådet ca 210 m³sk/ha.

Två upprepade låggallringar med gallringskvot ca 0,8 resulterade i ett kvarvarande bestånd med ca 750 st/ha och drygt 19 cm grova träd. Två upprepade höggallringar med gallringskvot ca 1,2 i genomsnitt resulterade i ett kvarstående bestånd med ca 1 100 st/ha och medeldiametern knappt 16 cm. Kvalitetsgallringen, som inleddes med kvot ca 1,0 i 1:a gallring och följdes upp med kvot ca 0,85 i 2:a gallring, resulterade i ca 830 st/ha och ca 18 cm medeldiameter.
I det ogallrade beståndet fanns 1 900 st/ha med ca 16 cm medeldiameter. De kvarvarande bestånden efter 2:a gallring år 2004 innehöll ca 190, 175, 175 och 330 m³sk/ha för respektive låg-, kvalitets- och höggallring samt ingen gallring. Tillväxten mellan gallringarna var ca 10 % högre på de låggallrade ytorna än på de övriga gallrade ytorna. Stickvägsavståndet hade jämförelsevis mindre påverkan på beståndsdata än gallringsformen.

Gallringsnettot vid 1:a gallring var lägst för låggallring och högst för höggallring. Vid 2:a gallring var nettot lägst för kvalitetsgallring och högst för höggallring. Det sammanlagda nettot av gallringarna och rotvärdet (netto) på det kvarstående beståndet var större för låggallring än för höggallring, kvalitesgallring eller ogallrat. Både träddata och struktur i kvarvarande bestånd efter 2:a gallring liksom prognostiserade framtida avverkningar visade att den framtida värdeutvecklingen och därmed också det totala nettonuvärdet kommer att bli högst för låggallringen och lägst för höggallringen.

I stamtäta bestånd ger låggallring, med en praktisk inriktning mot ”fri dansk gallring”, oftast bättre ekonomi än kvalitets- och höggallring för såväl tall- som granbestånd. Det lägre rotnettot i 1:a gallring uppvägs av högre netton i senare gallringar och i slutavverkning. Höggallring i stamtäta förstagallringsbestånd behåller för många stammar per hektar och nästa gallring måste göras inom kort. Höggallring är framförallt tänkbart vid tidig gallring av hårt röjd skog med få jämnt fördelade stammar eller vid senare gallringar efter inledande låggallring som först reducerat stamantalet. Låggallring vid 1:a gallring ger nödvändig reduktion av stamantalet och därmed större handlingsfrihet i kommande gallringar både vad gäller tidpunkt och gallringsform. Det underlättar planeringen. Låggallring vid 1:a gallring ger dessutom snabbare dimensionsutveckling och högre volymtillväxt samt ofta bättre virkeskvalitet. Låggallring ger också bättre motståndskraft mot snö- och vindskador samt mindre självgallring.

Summary

This report includes an account of, and discussions on, the influence of different thinning strategies in Scots-pine thinning trials located at Kolfallet, in the province of Gästrikland in the north of Sweden. The outcome of this trial shows that low thinning achieves the highest total value.

The first thinning was carried out in 1994, when the stand was 35 years old. The second thinning was ten years later in 2004. On both occasions, the thinning ratio was 30% of the basal area, which included thinning in the striproads, which were spaced 18 and 32 m apart. In the first thinning, the dominant height was approximately 15 m, the basal area 31 m^2/ha, the number of stems 1,950/ha, and the growing stock 210 m^3 (solid i.b.) per ha.

Two repeated low thinnings, at a thinning ratio of approximately 0.8, resulted in a residual stand of some 750 stems/ha, and trees just over 19 cm in diameter.

Two repeated high thinnings, at a thinning ratio of approximately 1.2, resulted in a residual stand of some 1,100 stems/ha, and a mean stem diameter of just under 16 cm.

In thinning for quality, the initial thinning ratio was approximately 1.0 in the first thinning, followed by a thinning ratio of approximately 0.85 in the second thinning, resulting in approximately 830 stems/ha and a mean diameter of about 18 cm.

In the untreated stand, there were 1,900 stems/ha with a mean diameter of approximately 16 cm.

After the second thinning in 2004, the residual stands contained approximately 190, 175, 175 and 330 m^3/ha, respectively, for low thinning, thinning for quality, high thinning, and no thinning. The increment between thinnings in the areas in which low thinning was performed was 10% higher than in the other thinning areas. The striproad spacing had a relatively lower influence on the stand data than the thinning type.

The net return from the first thinning was lowest in low thinning, and highest in high thinning. The net return from the second thinning was lowest in thinning for quality, and highest in high thinning. The overall net return from the thinnings, together with the net stumpage value in the residual stand, was higher in low thinning than in high thinning, thinning for quality, or no thinning.

Both the tree data and structure in the residual stand after the second thinning, together with the projected future logging, showed that the future incremental value — and hence the total net present value — will be highest from low thinning, and lowest from high thinning.

In dense stands, low thinning, with a practical bias towards free thinning, will often be more profitable in both Scots-pine and Norway-spruce stands than thinning for quality and high thinning. The lower stumpage value in the first thinning will be offset by a higher net return in subsequent thinnings and final felling.

High thinning in dense first-thinning stands leaves too many stems per hectare, which means that the next thinning must take place soon afterwards. High thinning is a potentially suitable option in early thinnings following a heavy cleaning regime in stands with few evenly distributed stems, or in later thinnings following an initial low thinning to reduce the number of stems. Low thinning in the first thinning achieves the necessary reduction in the number of stems, thus offering greater flexibility in both the timing and form of future thinnings — making planning easier. What's more, low thinning in the first thinning produces faster diameter increment and volume growth, and often higher-quality timber.

Low thinning also provides better resistance to snow and wind damage, and helps to reduce natural thinning.

Bakgrund

Gallring är för närvarande den arealmässigt största åtgärden i svenskt skogsbruk, med en årlig areal mellan 300 000 och 350 000 hektar. Åldersklassfördelningen i Sverige medför att gallringsarealen och därmed den totala virkesvolymen från gallring kommer att öka ytterligare den närmaste tiden. I gallring utfaller en stor andel massaved, varför åtgärden med sin omfattning är en viktig råvarukälla för massaindustrin. Gallring är samtidigt en beståndsvårdande åtgärd som måste utföras väl för att öka beståndets värdetillväxt som därmed skapar värdefulla slutavverkningsbestånd (jfr Pettersson 1996). Gallring ger normalt skogsägaren en omedelbar nettointäkt. Nettot per avverkad kubikmeter är dock avsevärt lägre i gallring än i slutavverkning, framför allt vid 1:a gallring. Det beror såväl på högre drivningskostnader som på lägre virkesvärden för de klena träden vid gallring. De låga gallringsnettona samt det faktum att det trots allt inte är mer än cirka 30 % av avverkningsvolymerna i Sverige, som tas ut i gallring, visar att skogsbrukets lönsamhet till stor del vilar på inkomsterna från slutavverkningarna. För att trygga massaindustrins virkesförsörjning till konkurrensmässig kostnad är det viktigt att finna vägar för att rationalisera gallringen. För skogsägaren är det viktigt att utföra gallring så att bestånden får god värdeutveckling och stabilitet mot vind och snö.

Historiskt sett har låggallring varit den domineranden gallringsformen i svenskt skogsbruk. Till exempel visade Skogsstyrelsens gallringsundersökningar på 1970-, 1980- och 1990-talen att andelen låggallring var hög. Höggallring var i princip ”bannlyst” ända fram till 1994, då den nuvarande skogsvårdslagen började gälla. I 1979 års skogsvårdslag var reglerna mycket detaljerade om gallringens utförande, t.ex. skulle gallringen göras så att främst de grövsta trädens utveckling gynnades. Dessutom fanns krav på bl.a. högsta tillåtna stickvägsareal per hektar samt på högsta andel träd med avverkningsskador. I den nuvarande lagen finns inga detaljerade regler, förutom uppgifter om den lägsta volym som ett bestånd måste hålla efter gallring. En viktig orsak till att släppa gallringsformen fri var att det vid den tiden hade kommit resultat från de s.k. GG-försöken (gallrings- och gödslingsförsök tillhörande Sveriges Lantbruksuniversitet, SLU) som visade på att gallringsformen inte hade haft någon större påverkan på volymtillväxten (Eriksson, 1990).

Med den nya skogsvårdslagen 1994 fick skogsägaren således möjligheten att gallra ut grövre träd genom likformig gallring eller höggallring. Dessa gallringsinriktningar ger sänkta avverkningskostnader i 1:a gallring, eftersom det då är betydligt billigare per kubikmeter att avverka grova träd än klena. Flera skogsföretag ändrade tämligen omgående sin inriktning mot mer likformig gallring och begreppet ”kvalitetsgallring” lanserades. Tanken var att avverka de grövsta träden med grov kvist och satsa på träden i mellanregistret för att få förbättrad virkeskvalitet i det kvarstående beståndet. Det skulle också ge ett högre netto i 1:a gallring. Hur stor omfattning som kvalitetsgallringen fått i praktiken är inte känt, eftersom det inte har gjorts någon offentlig gallringsundersökning under senare år.

Det har emellertid saknats vissa kunskaper om hur virkesproduktion och ekonomi utvecklas på lång sikt av olika gallringsformer och av olika stickvägsavstånd. Till exempel utgjordes GG-försöken av provytor som saknade stickvägar. Dessutom hade ekonomin med olika gallringsformer inte följts upp i dessa försök.

För att förbättra kunskapsläget om effekter av olika gallringsstrategier anlade Skogforsk därför fem praktiskt inriktade gallringsförsök under 1990-talet (Thor 1993, Frohm 1995 och 1997, Pettersson 2003). Tre av dessa försök är numera nedlagda p.g.a. snö-, vind- och gremmeniellaskador. Dessutom lades det fjärde försöket (Nyfors) ned p.g.a. att den praktiska gallringen aldrig blev utförd, eftersom markägaren ansåg att gallringskostnaderna skulle bli för höga (högt stamantal och låg medeldiameter).

Det enda försöket som fortfarande löper anlades hösten 1994 i tall i Kolfallet i Gästrikland. Huvudsyftet med försöket var att studera hur tillväxt, kvalitetsutveckling och ekonomi påverkas på lång sikt av olika gallringsinriktningar. Resultaten från försöksanläggningen och 1:a gallringen finns redovisade av Frohm (1995) och Pettersson (2003). Med Korsnäs AB som initiativtagare utfördes tillväxtrevision samt en 2:a gallring i Kolfallet under hösten 2004. Försöksanläggningen och 1:a gallringen 1994 utfördes som ett samarbetsprojekt mellan Korsnäs AB och Skogforsk medan

aktiviteterna vid den 2:a gallringen utfördes i samarbete mellan Skogforsk, Korsnäs AB, Bergvik Skog AB (nuvarande markägare) och Stora Enso Skog AB.

I den här Redogörelsen redovisas resultaten från Kolfallet fram t.o.m. 2:a gallringen. Med de som utgångspunkt diskuteras möjliga generella effekter på beståndsutveckling och ekonomin av olika gallringsåtgärder.

Foto: Skogforsk

Författaren Folke Pettersson, Skogforsk informerar om gallringsförsöken i Kolfallet.

Material och metoder

Försöksanläggning

Gallringsförsöket i Kolfallet, i trakten av Hedesunda, anlades hösten 1994 i tre näraliggande då ännu ogallrade tallbestånd (Tabell 1). I varje bestånd lades ett försöksblock ut. De tre bestånden uppkom efter 1954 års storm. Block 1 och 2 ligger i var sitt bestånd som anlades 1959 med ortens frö genom strecksådd med pikhacka (eftersträvat förband 1,8 x 1,8 m). Hyggena var brända samma år. En mindre del av beståndet i block 2 hjälpplanterades 1960 och 1961. I båda dessa bestånd utfördes kemisk lövslybekämpning 1961 och en tidig ungskogsröjning 1965. Historiken för det tredje beståndet med block 3 är osäker, men förmodligen har det anlagts och skötts på likartat sätt som block 1 och 2.

TABELL 1.

ÅLDER:	35 ÅR
STÅNDORTSINDEX:	T28
ÖVRE HÖJD:	15,2 M
MEDELHÖJD:	13,8 M
KRONGRÄNSHÖJD:	7,7 M
GRUNDYTA:	31,0 M²/HA
STAMANTAL:	1934 PER HA
MEDELDIAMETER, DG:	14,4 CM
VOLYM:	209 M³SK/HA

Gallringsbehandlingar

Totalt användes nio gallringsbehandlingar samt ingen gallring som referens. Antalet gallringsbehandlingar varierade mellan fyra och nio för de tre blocken (Tabell 2). Varje behandling utfördes på en 0,3 till 0,6 hektar stor yta, i vilken en mindre s.k. nettoyta på i genomsnitt 0,17 hektar placerades för registrering av träddata (Figur 1). Gallringar utfördes 1994 och 2004. Gallringsuttaget inklusive uttaget i stickvägar var 30 % av grundytan vid båda tillfällena. Huvudbehandlingarna utgjordes av låg-, hög- och kvalitetsgallring med 18 eller 32 m stickvägsavstånd. I faktarutan på nästa sida finns en beskrivning av gallringskvoten och gallringsformerna i Kolfallet.

Fakta om gallringsformerna i Kolfallet

Gallringskvot = kvoten mellan gallringsträdens medeldiameter och de kvarstående trädens medeldiameter (grundytemedelstammens diameter, dg).

Låggallring: I första hand avverkas de eftersatta och undertryckta träden. Med ökad gallringsstyrka berörs även de högre kronskikten, gallringskvot 0,5 – 0,9 (Praktisk Skogshandbok). *I Kolfallet gjordes låggallringen strikt utan hänsyn till trädens kvalitetsegenskaper både 1994 och 2004.*

Höggallring: Enbart de grövsta och härskande träden tas ut, gallringskvot högre än 1,0 (Praktisk Skogshandbok). *I Kolfallet gjordes höggallringen strikt utan hänsyn till trädens kvalitetsegenskaper både 1994 och 2004.*

Likformig gallring: Uttaget är ungefär lika stort i alla kronskikt, gallringskvot ca 1,0 (Praktisk Skogshandbok): *I Kolfallet tillämpades en variant av likformig gallring, kvalitetsgallring, som innebar en utgallring av träd med kvalitetsnedsättande fel genom noggrann utsyning av träden, gallringskvot ca 1,0. (Endast tillämpad vid 1:a gallring).*

Korridorgallring: Endast uttag av träd i stickvägar med 10 meters stickvägsavstånd, gallringskvot 1,0.

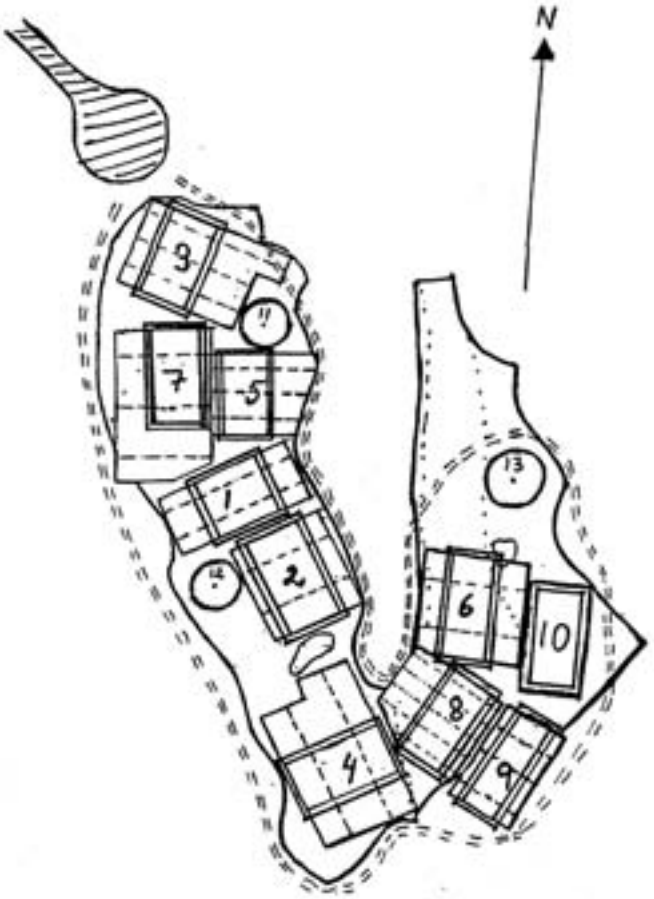
Genomsnittliga gallringskvoter 1994 respektive 2004:

	Låg 18	Låg 32	Hög 18	Hög 32	Kval 18	Kval 32
1994	0,83	0,79	1,08	1,16	0,97	0,99
2004	0,83	0,84	1,28	1,26	0,86	0,88

Vid båda gallringstillfällena utfördes låg- respektive höggallring strikt med hänsyn till trädens dimension, och utan hänsyn till deras kvalitetsegenskaper. Vid kvalitetsgallringen däremot gjordes här en noggrann, kvalitetsinriktad utsyning och stämpling av gallringsträden, med målsättningen att ta bort träd med fel. Gallringskvoten 1,0 eftersträvades vid den 1:a kvalitetsgallringen. Vid 2:a kvalitetsgallringen sänktes kvoten till mellan 0,83 och 0,91 för att få en kraftigare reduktion av stamantalet. Skälet var att undvika självgallring och för att få en god beståndsutveckling.

Gallringsförfarande

För att kunna välja gallringsträd enligt gallringsinstruktionen gjordes en prioriteringslista på träden mellan stickvägarna på varje provyta. Därefter gjordes en teoretisk gallring med hjälp av dessa prioriteringslistor. Träden som hade valts ut markerades i fält. Det blev då nödvändigt att i viss utsträckning



Figur 1. Provytornas placering i block 1 i Kolfallet. Nettoytorna (på vilka produktion och ekonomi följs upp) är markerade med dubbla linjer. Streckad linje visar stickvägsmitt. I de två andra blocken i försöket har provytorna lagts på samma sätt.

Tabell 2. Behandlingar i de tre blocken (× = behandlingen ingår). Gallring utfördes 1994 och 2004. Vid varje tillfälle gallrades 30 % av grundytan ut.

Behandling	Block 1	Block 2	Block 3
1. Låggallring 18 m	x	x	
2. Låggallring 32 m	x	x	
3. Höggallring 18 m	x	x	x
4. Höggallring 32 m	x	x	x
5. Kvalitetsgallring 18 m	x	x	x
6. Kvalitetsgallring 32 m	x	x	x
7. Låggallring 25 m	x		
8. Kvalitetsgallring 32 m,	x		
maskinell mellanzonsfällning	x		
9. Korridorgallring	x		
10. Ogallrad referensyta	x	x	x

korrigera det teoretiskt utförda stamvalet för att inte skapa onödiga luckor i beståndet. Detta skedde så att eftersträvat grundyteuttag uppnåddes. De slutgiltigt valda gallringsträden färgmarkerades för att kunna identifieras av skördarföraren. Gallringen utfördes med en stickvägsgående engreppsskördare. Vid det längre stickvägsavståndet (32 m) gjordes motormanuell mellanzonsfällning.

Skogsproduktion

Uppmätningar inför anläggningen och 1:a gallringen 1994

Vid försöksanläggningen 1994 mättes samtliga levande träd på nettoytan, även träden i blivande stickvägar. De uppmätta träden hade minst en brösthöjdsdiameter på 6 cm på bark (totalt ca 7 300 träd). Värden som registrerades var brösthöjdsdiameter (korsklavning), kvalitetsegenskaper såsom diameter på grövsta kvist i brösthöjd och förekomst av kvalitetsnedsättande fel, t.ex. sprötkvist, krök, dubbelstam och lyra. Trettio procent av de inmätta träden utlottades som provträd (totalt ca 2 200 träd). På provträden mättes höjd och krongränshöjd samt ytterligare kvalitetsegenskaper. Dessa var bl.a. vinkel för grövsta gren och antalet kvistar i brösthöjd. Samtliga provytor, med undantag av låggallringsytan med 25 m stickvägsavstånd i block 1 (Tabell 2), permanentmärktes för framtida produktionsstudier. De inmätta, kvarstående träden efter gallringen märktes med brösthöjdskors och provträdsnummer.

Uppmätningar inför 2:a gallringen 2004

Inför 2:a gallring 2004 följdes skogsproduktionen upp på samtliga permanentmärkta ytor. På varje provyta korsklavades samtliga träd, och eventuellt nytillkomna skador på träden registrerades. Höjdmätning utfördes på vartannat av de träd som höjdmätts vid anläggning. Antalet höjdmätningsträd reducerades eftersom en provträdskvot om vart sjätte träd (totalt höjdmättes ca 900 träd 2004) bedömdes ge tillfredsställande noggrannhet på volymbestämningen på provytenivå.

Bearbetning av inventeringsdata

Vid försöksanläggningen skattades ståndortsindex H_{100} med hjälp av de grövsta trädens höjd och brösthöjdsålder samt höjdutvecklingskurvor (Hägglund 1974). För varje provyta och gallringstillfälle (1994 och 2004) beräknades medelhöjd, medeldiameter samt stamantal, grundyta och volym per hektar. Detta gjordes såväl för utgångsbeståndet som för gallringsuttaget och det kvarstående beståndet. För varje provyta beräknades dessutom andelen träd med kvalitetsnedsättande fel (krök, sprötkvist, lyra, dubbelstam) och den genomsnittliga medeldiametern på den grövsta kvisten i brösthöjd, samt de förändringar som gallringarna resulterade i.

Medelhöjden skattades som den grundytevägda medelhöjden hos höjdmätningsträden (hgv). Gallringskvoten beräknades som kvoten mellan gallringsträdens medeldiameter och de kvarstående trädens medeldiameter (grundytemedelstammen, dg). Volymen för varje höjdmätt träd beräknades med Näslunds mindre kuberingsfunktioner (Näslund 1947). För varje provyta utarbetades sekundära volymfunktioner för att skatta volymen för samtliga klavade träd på provytan. Relationen mellan det enskilda trädets volym (vol.) och brösthöjdsdiameter (dbh) approximerades med följande linjära modell:

$$log\ vol = b_0 + b_1 x\ log\ dbh + b_2 x\ dbh + e$$

Med hjälp av regressionsanalys skattades b-parametrarna. Statistikpaketet SAS/STAT procedur GLM (SAS Institute Inc., 1999) användes för regressionsanalysen. Residualen (e) antogs vara $NID\ (0, \sigma_e^2)$.

Determinationskoefficienten (R^2) varierade mellan 0,96 och 0,98 för de framtagna sekundära volymfunktionerna.

Beräkning av behandlingseffekter på virkesuttag och kvarstående bestånd

Inom varje block förelåg en viss variation mellan provytorna beträffande beståndsdata före 1:a gallringen. Vid jämförelsen av de olika gallringsbehandlingarnas effekter var det önskvärt att detta kunde göras utifrån samma beståndsförutsättningar. Skattningar av de olika gallringsbehandlingarnas effekter på gallringsuttaget och på det kvarstående beståndet gjordes därför med hjälp av kovariansanalys. Olika kovariabler testades innan de infördes i den statistiska modellen. Statistikpaketet SAS/STAT, procedur GLM, och följande modellekvation på nästa sida:

y_{jk}	=	$\mu + \mu_j + t_k + b_1(c_{jk} - \bar{c}) + e_{jk}$
där		
y_{jk}	=	värde på beroende variabel för yta *jk*
μ	=	Totalmedelvärde
μ_j	=	fix effekt av block *j*; *j* = 1, 2, 3
t_k	=	fix effekt av gallringsbehandling *k*; *k* = 1, , , , ,6
b_1	=	koefficient för regressionen på kovariabel nr 1
c_{jk}	=	värde på kovariabel för yta *jk*
$\bar{c}$	=	medelvärde på kovariabel
e_{jk}	=	Residual för observation *jk*, NID $(0, \sigma_e^2)$

För att testa om det fanns signifikanta skillnader mellan gallringsbehandlingarna användes Tukey-Kramers' test för multipla jämförelser. De använda modellerna i kovariansanalyserna är redovisade i bilaga 1.

Ekonomiska beräkningar

Gallringsnetton 1994 och 2004 samt rotvärdet (netto) på det kvarstående beståndet efter gallringen 2004 beräknades med intäkter och kostnader i aktuella års priser enligt olika tillvägagångssätt för respektive tillfälle. Beräkningarna utfördes med det genom kovariansanalys korrigerade blockmedeltalet för gallringsuttag och kvarstående bestånd för respektive behandling.

Gagnvirkesuttaget och virkesvärdet 1994 beräknades med omräkningstal från m³sk till m³fub (Pettersson 2003) framtagna på basis av Cernolds utbytestabeller (Cernold 1981), timmerutfall i procent (Frohm 1995) och virkesprislistor hösten 1994.

Virkesvärdet vid gallringen 2004 respektive rotvärdet på det kvarstående beståndet utfördes och beräknades i två steg. Först användes virkesanalysprogrammet Timan (www.skogforsk.se) och virkesprislistor hösten 2004 för utbytes- och värdeberäkningar för "ett stickprov" av fyra av de gallrade ytorna. Med de resultaten beräknades därefter utbytet och virkesvärdet för gallringsuttaget och för det kvarstående beståndet för varje gallringsbehandling.

Drivningskostnaderna 1994 respektive 2004 fastställdes med tidsåtgångsfunktioner för avverkning och skotning (bilaga 2) samt med maskinkostnader (se nedan). I de ekonomiska beräkningarna togs inga kostnader upp för utsyningen och stämplingen på kvalitetsgallringsytorna. (Detta gjordes ej heller för 2004 års gallring). Försöksuppläggningen medgav inte att tidsåtgången för utsyning kunde renodlas.

Beräkningsförutsättningar för 1:a gallring 1994

Avverkningskostnader för skördare: Tidsåtgångsfunktioner användes för gallring med engreppsskördare samt en maskinkostnad på 600 kr per G_{15}-timme enligt Frohm (1995). Tidsåtgångsfunktionerna finns redovisade i bilaga 2.

Avverkningskostnader för motormanuell mellanzonsfällning: Dessa kostnader hämtades från Frohm (1995), där kostnaderna redovisades per m³f på bark. Kostnaderna räknades om till att gälla m³f under bark. Frohm beräknade kostnaderna utifrån dåvarande Stora Skogs prestationsnormer och den då aktuella dagsverkskostnaden på 1 200 kr.

Kostnader för skotning: Skotningskostnaderna hämtades från Frohm (1995), som gjorde sina beräkningar utifrån dåvarande Stora Skogs prestationsnormer och bortsättningsunderlag, samt den då aktuella maskinkostnaden på 350 kr per G_{15}-timme.

Gagnvirkesuttag och virkesvärden: Gagnvirkesuttag och virkesvärden beräknades som framgått med omräkningstal från m³sk till m³fub, timmerutfall i procent och virkespriser hösten 1994.

Beräkningsförutsättningar för 2:a gallring och för rotvärde på kvarstående bestånd 2004

Avverkningskostnader för skördare: För gallringen användes samma tidsåtgångsfunktioner som för gallringen 1994 (bilaga 2) och en maskinkostnad på 700 kr per G_{15}-timme. För att beräkna avverkningskostnaderna för

det kvarstående beståndet användes en tidsåtgångsfunktion för slutavverkning (bilaga 2) samt en maskinkostnad på 870 kr G_{15}-timme.

Avverkningskostnader för motormanuell mellanzonsfällning: Prestationen uppskattades med hjälp av medelstamvolymen i uttaget och med de uppgifter om prestationer och medelstamsvolymer i gallringsuttagen på de mellanzonsfällda ytorna som redovisades för 1994 års gallring. Dagsverkskostnaden antogs vara 1600 kr år 2004.

Kostnader för skotning: Tidsåtgångsfunktion användes för skotning (funktionen finns redovisad i bilaga 2) samt en maskinkostnad på 550 kr per G_{15}-timme. Skotningsprestationen blir generellt sett lägre, och kostnaden därmed högre, för 18 m stickvägsavstånd än för 32 m, p.g.a. en mindre virkeskoncentration. Vid gallringen 1994 var skotningskostnaden ca 10 % högre för 18 m vägavstånd än för 32 m enligt Frohm (1995). Det antogs att skotningskostnaden även för 2004 var 10 % högre för det mindre stickvägssavståndet.

Gagnvirkesuttag och virkesvärden: De fyra ytorna i block 1 och 2 med låggallring 32 m och kvalitetsgallring 18 m valdes ut för en detaljerad beräkning av utbyte och värde för gallringsuttag och kvarstående bestånd med Timan. Prislistan kom från Sveaskog och avsåg Bergslagen hösten 2004. Analyserna gav omräkningstal från m^3sk till m^3fub, virkesutfall samt virkesvärde per m^3fub för åtta olika medelstamsvolymer i m^3sk i uttaget. Med dessa data fastställdes sambandet mellan medelstamvolym i m^3sk och omräkningstal till m^3fub, liksom sambandet mellan medelstamvolym och virkesvärde i kr per m^3fub. Dessa samband användes slutligen för att beräkna gagnvirkesvolym och virkesvärde för gallringsuttag och kvarstående bestånd för varje gallringsbehandling. För det ogallrade alternativet beräknades rotvärdet 2004.

Prognos för fortsatt beståndsutveckling och nuvärdeskalkyler

För att kalkylera nuvärdet av båda de utförda gallringarna, en kommande sista gallring och slutavverkning konstruerades en fiktiv skötselplan med hjälp av Skogsstyrelsens gallringsmallar med tidpunkter för dessa åtgärder. Kalkylerna baserades på de faktiska gallringsnettona vid 1:a och 2:a gallring samt på värdering av framtida gallrings- och slutavverkningsnetton. Bestånden skrevs fram med beståndssimulatorn ProdMod2 (Ekö 1985) och värden av framtida gallrings- och slutavverkningsnetton beräknades med beräkningsprogrammet Beståndsval. Nuvärdena beräknades att gälla för försöksstarten 1994 och kalkylräntorna 2 alternativt 3 % användes vid diskonteringen.

Nuvärdeskalkyler upprättades för gallringsbehandlingarna med 18 m stickvägsavstånd samt för ogallrat. Det fanns ingen anledning att ta med gallringsbehandlingarna med 32 m vägavstånd, eftersom effekten av olika stickvägsavstånd inte kan prognostiseras med produktionsfunktionerna i ProdMod2.

Resultat

Beståndsutveckling

I tabell 3 redovisas skattningar av beståndsdata för de olika försöksleden före och efter gallringarna samt för de utgallrade träden. Kovariansanalysen korrigerade för den variation i beståndsdata som fanns mellan block och ytor vid försöksanläggningen (bilaga 1). Ståndortsindex i försöket var i genomsnitt T28 (T26–T29). Vid gallring hösten 1994 var åldern 35 år, övre höjden ca 15 m (14–16 m), grundytan ca 31 m²/ha (27–33 m²/ha) och tätheten ca 1 950 st/ha (1 500–2 400 st/ha). Virkesförrådet var ca 210 m³sk/ha (190–230 m³sk/ha).

Stickvägsavståndet hade ingen större påverkan på beståndsdata efter två gallringar för respektive gallringsbehandling. Två upprepade låggallringar med gallringskvot ca 0,80 resulterade i ett kvarvarande bestånd med ca 750 st/ha och drygt 19 cm grova träd (dg). Två upprepade höggallringar med kvot 1,08–1,28 resulterade i ett kvarstående bestånd med ca 1 100 st/ha och medeldiametern knappt 16 cm. Kvalitetsgallringen som inleddes med kvot ca 1,0 i 1:a gallring och följdes upp med kvot ca 0,85 i 2:a gallring resulterade i ca 830 st/ha och ca 18 cm medeldiameter. I det ogallrade beståndet fanns 1900 st/ha med ca 16 cm medeldiameter.

Eftersom gallringsuttaget var 30 % av grundytan i alla behandlingar blev effekten av ökat stickvägsavstånd att uttaget vid 1:a gallring blev större mellan vägar vid 32 än vid 18 m stickvägsavstånd. Vid 18 m vägavstånd uttogs ca 39 % av det totala grundyteuttaget selektivt mellan vägar medan motsvarande uppgift för 32 m var ca 66 %. Vid 1:a gallring verkar en större stickvägsareal höjande på gallringskvoten vid låggallring och sänkande vid höggallring, eftersom gallringskvoten alltid 1,0 i vägar. Vid 2:a gallring kan dock effekten på gallringskvoten bli den motsatta, som resultaten utvisade (Tabell 3). Efter två gallringar i Kolfallet blev det därför inte några tydliga skillnader i stamantal och medeldiameter mellan de två stickvägsavstånden.

De kvarvarande bestånden efter 2:a gallring år 2004 innehöll 186-188, 173–177, 170–176 och 329 m³sk/ha för respektive låg-, kvalitets- och höggallring samt ogallrat. Nettovolymtillväxten var totalt ca 10 m³sk/ha högre under perioden 1994–2004

Foto: Skogforsk

Tabell 3. Effekter enligt kovariansanalys (modeller i bilaga 1) på gallringsuttag 1994 (ålder 35, öh 15 m) och 2004 (ålder 45, öh 19 m) samt på ekonomin vid dessa tillfällen. För värdet 2004 är gallringsnettot 1994 uppskrivet med 3 % ränta under 10 år. Rotvärdet för de kvarstående bestånden efter gallringen 2004 är också redovisade.

Behandling		Före gallring				Uttag						Ekonomi				
		Ålder	Täthet	Volym	Dg	Form	Stam/ha	Volym		Medelstam		Kostnad	Intäkt	Netto	Netto	Värde 2004
		år	st/ha	m³sk/ha	cm	g-kvot	%	m³sk/ha	m³fub/ha	cm	m³fub/ha	kr/m³fub	kr/m³fub	kr/m³fub	kr/ha	kr/ha
Låg 18	1994	35	1 934	209,2	14,4	0,83	37	58,8	42,7	12,6	0,06	142	259	117	4 966	6 714
	2004	45	1 215	261,9	18,1	0,83	38	75,9	59,9	15,9	0,13	117,8	267	149,2	8 937	8 937
	Kvarstående	45	754	186	19,3			186	152,3	19,3	0,202	88	296	208	31 678	31 678
	Summa							320,7	254,9							47 329
Låg 32	1994	35	1 934	209,2	14,4	0,79	40	57,5	42	12,5	0,055	159,8	259	99,2	4 166	5 599
	2004	45	1 168	266,3	18,3	0,84	37	78	62,4	16,4	0,144	122,9	270	147,1	9 179	9 179
	Kvarstående	45	735	188,3	19,5			188,3	156,2	19,5	0,212	85,9	297	211,1	32 974	32 974
	Summa							323,8	260,6							47 752
Hög 18	1994	35	1 934	209,2	14,4	1,08	29	62,6	47	15,3	0,09	116,8	265	148,2	6 965	9 360
	2004	45	1 364	246,3	16,7	1,28	21	75,5	62,6	20,2	0,215	104	297	193	12 082	12 082
	Kvarstående	45	1 073	170,8	15,7			170,8	134,8	15,7	0,126	111,8	265	153,2	20 651	20 651
	Summa							308,9	244,4							42 093
Hög 32	1994	35	1 934	209,2	14,4	1,16	25	62,8	47,5	16	0,101	120	268	148	7 030	9 448
	2004	45	1 440	253,1	16,6	1,26	23	76,7	62,8	19,4	0,19	115,1	296	180,9	11 361	11 361
	Kvarstående	45	1 110	176,4	15,6			176,4	139,4	15,6	0,126	111,3	265	153,7	21 426	21 426
	Summa							315,9	249,6							42 235
Kval 18	1994	35	1 934	209,2	14,4	0,97	33	62,2	46	13,8	0,075	127,9	263	135,1	6 215	8 352
	2004	45	1 285	245	17,1	0,86	37	71,9	55,6	15,5	0,118	124,1	262	137,9	7 667	7 667
	Kvarstående	45	814	173,1	18,1			173,1	140	18,1	0,172	95,6	282	186,4	26 096	26 096
	Summa							307,2	241,6							42 115
Kval 32	1994	35	1 934	209,2	14,4	0,99	33	65,2	48,4	14,3	0,079	130,3	263	132,7	6 423	8 632
	2004	45	1 298	249,4	17,1	0,88	35	72,2	56,9	15,8	0,125	129,8	265	135,2	7 693	7 693
	Kvarstående	45	842	177,2	17,8			177,2	143,1	17,8	0,17	95,7	281	185,3	26 516	26 516
	Summa							314,6	248,4							42 841
Ogallrat	Kvarstående	45	1 918	328,9	15,9			328,9	259,8	15,9	0,135	100,1	270	169,9	44 140	44 140

(10 tillväxtsäsonger) på de låggallrade ytorna än på de övriga gallrade ytorna (Tabell 4). Det innebar i genomsnitt 10 % högre tillväxt. Det fanns däremot ingen signifikant skillnad i tillväxt mellan kvalitets- och höggallrade ytor. Man kan notera en tendens till högre tillväxt (motsvarande 6 %) vid 32 m jämfört med 18 m stickvägsavstånd (Tabell 4). Högst nettovolymtillväxt erhölls på de ogallrade ytorna (Tabell 4), medan den lägsta uppmättes på den enda ingående korridorgallringsytan i försöket (bilaga 3). Detaljerade uppgifter om beståndsdata, gallringsuttag, volymtillväxt och avgång för varje provyta finns redovisade i bilaga 3–5.

Avgångarna var generellt sett små (Tabell 4) och drabbade främst klena träd, vilket tyder på självgallring. Vid revisionen 2004 fanns det fler klena träd på kvalitets- och höggallringsytorna som hade små och mindre vitala trädkronor jämfört med på låggallringsytorna.

Kvalitetsegenskaper

I försöket hade 30 % av alla träden i provytorna synliga kvalitetsnedsättande fel (sprötkvist, krök, dubbelstam, lyra). Andelen träd med fel var 7–8 procentenheter högre bland de klena träden jämfört med de medelgrova och grova träden (Figur 2).

Den största förbättringen av andelen träd utan synliga kvalitetsnedsättande fel erhölls på de noggrant utsynade kvalitetsgallringsytorna (Tabell 5). Förbättringen skedde huvudsakligen vid 1:a gallringen 1994 medan en hel del felfria men klenare träd med dålig krona prioriterades för utgallring 2004. Låggallringen ökade andelen felfria träd, medan höggallringen i viss mån minskade denna andel (Tabell 5). Det var endast för låggallringen som det blev ett tydligt utslag för stickvägsavståndet med en förbättring av andelen felfria träd med totalt ca 5 procentenheter vid

Tabell 4. Nettovolymtillväxt och avgång 1994–2004. Den använda modellen vid den statistiska analysen av nettovolymtillväxten finns redovisad i bilaga 1.

Nettovolymtillväxt:							
	Låg 18	**Låg 32**	**Hög 18**	**Hög 32**	**Kval 18**	**Kval 32**	**Ogallrat**
Uppmätt volymtillväxt, m³sk/ha, 10 år	111,1	114,5	101,3	106,7	98,4	104,9	121,7
Korrigerad volymtillväxt, m³sk/ha, 10 år	111,3	115,5	99,7	106,7	99,6	105,5	119,7

Kontraster:

Låggallring mot höggallring: + 10,2 m³sk/ha, 10 år (svagt signifikant, p <0,05)

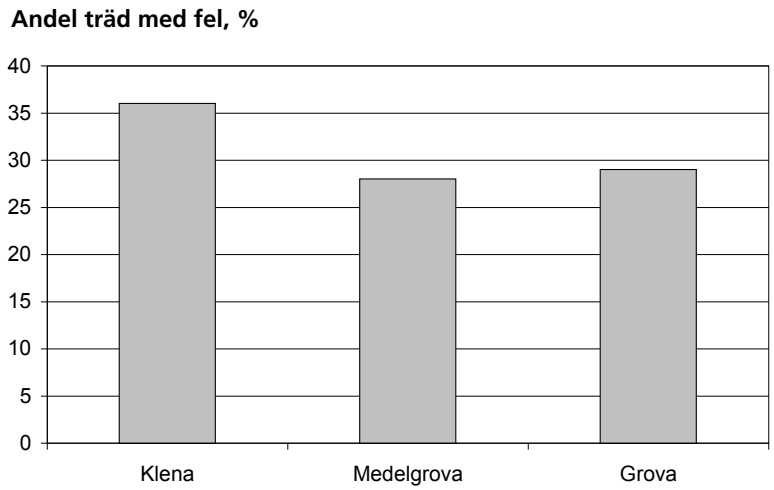
Låggallring mot kvalitetsgallring: + 10,8 m³sk/ha, 10 år (svagt signifikant, p <0,05)

Höggallring mot kvalitetsgallring: +0,6 m³sk/ha, 10 år

32 m vägavstånd mot 18 m: + 5,7 m³sk/ha, 10 år

Ogallrat mot gallrat: + 13,3 m³sk/ha, 10 år (signifikant, p <0,01)

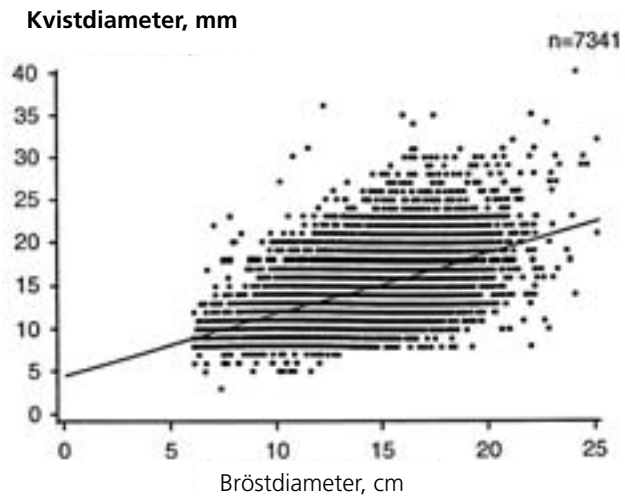
Avgång p.g.a. självgallring :							
	Låg 18	**Låg 32**	**Hög 18**	**Hög 32**	**Kval 18**	**Kval 32**	**Ogallrat**
Grundyta, m²/ha	0,08	0,13	0,38	0,19	0,26	0,30	0,53
Stamantal/hektar	6	9	49	26	31	25	59
Volym, m³sk/ha	0,5	0,9	2,5	1,2	1,6	1,9	3,7



Figur 2. Andel träd med synliga kvalitetsnedsättande fel vid försöksanläggningen i Kolfallet. Varje klass omfattar 1/3 av beståndsvolymen. Efter Pettersson (2003).

18 m och ca 9 procentenheter vid 32 m. Detaljerade uppgifter om kvalitetsnedsättande fel finns för varje provyta i bilagor 6 och 7.

Den genomsnittliga diametern på den grövsta kvisten i brösthöjd ökade med stigande brösthöjdsdiameter (Figur 3). Variationen i diameter på den grövsta kvisten var stor i varje diameterklass. Det fanns sålunda många enskilda träd med klen kvist även bland de grövre träden, och vice versa. De olika gallringsbehandlingarna medförde små, men statistiskt signifikanta skillnader. Två gånger upprepad låggallring medförde en total ökning av den genomsnittliga kvistdiametern med 1 mm, medan två gånger upprepad höggallring resulterade i en minskning med 1 mm (Tabell 6). Den genomsnittliga kvistdiametern förändrades inte på kvalitetsgallringsytorna. I bilaga 8 finns uppgifter om kvistdiameter för varje provyta redovisad.



Figur 3. Sambandet mellan diametern på den grövsta kvisten i brösthöjd och brösthöjdsdiametern i Kolfallet. Efter Pettersson (1996).

Tabell 5. Förändring av andelen träd utan synliga kvalitetsnedsättande fel respektive andelen volym avsatt på träd utan synliga kvalitetsnedsättande fel, genom gallring 1994 och 2004 samt totalt för båda gallringarna. Före gallringen 1994 representerade träden utan synliga fel 70 % av antalet och 72 % av volymen som ett genomsnitt för alla provytor. De använda modellerna vid den statistiska analysen är redovisade i bilaga 1. Värden inom samma rad som saknar gemensam bokstav är signifikant åtskilda (p <0,05 enligt Tukey-Kramers´ test för multipla jämförelser).

	Låg 18	Låg 32	Hög 18	Hög 32	Kval 18	Kval 32
Uppmätt förändring 1994 av antalet felfria träd, lsmeans, procentenheter	2,9	5,2	-1,1	-0,3	12,2	12,2
Uppmätt förändring 1994 av volymen felfria träd, procentenheter	1,8	3,4	-1,7	-1,0	11,3	11,6
Korrigerad förändring 1994 av antalet felfria träd, lsmeans, procentenheter	3,0ade	5,5abe	-1,0df	-0,2ef	12,0bc	12,3c
Korrigerad förändring 1994 av volymen felfria träd, lsmeans, procentenheter	2,2a	4,0a	-1,7a	-0,9a	11,2b	11,7b
Uppmätt förändring 2004 av antalet felfria träd, procentenheter	2,0	3,6	-0,9	-1,6	5,7	5,0
Uppmätt förändring 2004 av volymen felfria träd, procentenheter	2,0	2,7	-1,4	-2,4	5,7	4,7
Korrigerad förändring 2004 av antalet felfria träd, lsmeans, procentenheter	2,5	3,7	-1,0	-1,7	6,0	4,9
Korrigerad förändring 2004 av volymen felfria träd, lsmeans, procentenheter	2,6	3,2	-1,4	-2,4	5,8	4,8
Uppmätt förändring totalt av antalet felfria träd, procentenheter	4,9	8,8	-2,0	-1,9	17,9	17,2
Uppmätt förändring totalt av volymen felfria träd, procentenheter	3,8	6,1	-3,1	-3,4	17,0	16,3
Korrigerad förändring totalt av antalet felfria träd, lsmeans, procentenheter	5,5ab	9,2b	-2,0d	-1,9ad	18,0c	17,2c
Korrigerad förändring totalt av volymen felfria träd, lsmeans, procentenheter	4,8abd	7,2bce	-3,1bed	-3,3d	17,0c	16,3c

Tabell 6. Förändring av genomsnittlig diameter på grövsta kvist i brösthöjd, genom gallring 1994 och 2004, samt totalt för båda gallringarna. Före gallringen 1994 var diametern på grövsta kvist 14,88 mm i genomsnitt för alla provytor. Den använda modellen vid den statistiska analysen är redovisad i bilaga 1. Värden inom samma rad som saknar gemensam bokstav är signifikant åtskilda (p <0,5 enligt Tukey-Kramers´ test för multipla jämförelser).

	Låg 18		Låg 32		Hög 18		Hög 32		Kval 18		Kval 32	
	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%
Uppmätt förändring efter gallring 1994	0,48	3,9	0,71	4,8	–0,08	-0,6	–0,46	–2,9	–0,01	0	–0,12	–0,7
Korrigerad förändring1994, lsmeans	0,59a	4,0	0,68a	4,6	0,06b	-0,4	–0,50c	–3,4	0,01b	0	–0,20b	–1,3
Uppmätt förändring efter gallring 2004	0,30	2,4	0,32	2,1	-0,44	-3,0	-0,45	-2,9	0,27	1,9	0,14	0,8
Korrigerad förändring 2004, lsmeans	0,24a	1,6	0,35a	2,3	-0,45b	-3,0	-0,43b	-2,8	0,26a	1,8	0,19a	1,3
Uppmätt förändring totalt	0,78	6,3	1,03	6,9	-0,52	-3,6	-0,91	-5,8	0,26	1,9	0,02	0,1
Korrigerad förändring totalt, lsmeans	0,83abc	5,6	1,03b	6,9	-0,51de	-3,4	–0,93e	-6,2	0,27ac	1,8	–0,01acd	0

Ekonomiskt utfall

Värdering av gallringsuttag och kvarstående bestånd

Beräknade värden och utbyten med analysprogrammet Timan för de fyra försöksparceller i block 1 och 2 som togs ut som ”provytor” för att ge underlag för att värdera de olika gallringsbehandlingarna, redovisas yta för yta i tabell 7. I bilagorna 9 och 10 finns gallringsuttag, drivningskostnader och virkesvärden redovisade för dessa ytor.

I tabell 3 redovisas det ekonomiska utfallet av gallringarna och värdet av det kvarstående beståndet för samtliga gallringsbehandlingar. Underlag i form av virkesutfall redovisas i tabell 8 och drivningskostnader i tabell 9. Vid såväl gallringen 1994 som 2004 erhölls det högsta nettot för höggallring (Figur 4) p.g.a. det högsta virkesvärdet (Tabell 8 sid 19) och lägsta drivningskostnaderna (Tabell 9 sid 20). Gallringsnettot vid 1:a gallring blev högre för kvalitetsgallringen än för låggallringen p.g.a. större gagnvirkesuttag samt

Tabell 7. Ekonomiskt utfall för de fyra provytorna i block 1–2 som utbytes- och värdeberäknades med virkesanalysprogrammet Timan.

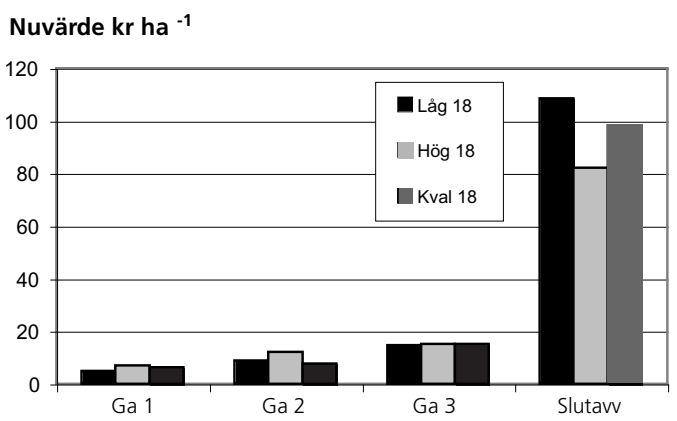
	Block 1 Låg 32	Block 1 Kval 18	Block 2 Låg 32	Block 2 Kval 18
Beståndsdata före gallring 1994:				
Stammar/ha	2 060	2 426	1 883	1 853
Medeldiameter, Dg, cm	13,9	12,8	15,1	15,0
Gallring 1994:				
Medeldiameter i uttag, cm	12,1	12,5	12,8	14,3
Gallringsnetto, kr/m^{3}fub	97,9	116,4	111,6	143,3
Gallringsnetto, kr/ha	4 357	5 610	5 111	7 065
Gallring 2004:				
Medeldiameter i uttag, cm	15,9	13,4	17,1	16,5
Gallringsnetto, kr/m^{3}fub	137,6	116,5	160,4	156,8
Gallringsnetto, kr/ha	8 118	6 000	10 923	9 784
Rotvärde på kvarstående bestånd 2004:				
Medeldiameter, dg, cm	18,7	16,2	20,6	19,0
Rotvärde, kr/m^{3}fub	197,6	164,0	222,3	207,7
Rotvärde, kr/ha	28 988	21 992	38 636	32 401
Ekonomiskt utfall 1994–2004, kr/ha:				
Gallringsnetto 1994	4 357	5 610	5 111	7 065
Ränteintäkt*, 2 % ränta	954	1 229	1 119	1 547
Ränteintäkt*, 3 % ränta	1 498	1 929	1 758	2 430
Gallringsnetto 2004	8 118	6 000	10 923	9 784
Rotvärde, kvarstående bestånd	28 988	21 992	38 636	32 401
Totalt utfall 2004, 2 % ränta	42 417	34 831	54 670	50 797
Totalt utfall 2004, 3 % ränta	42 961	35 531	55 789	51 680

*Ränteintäkt = 2 respektive 3 % ränta under 10 år (1994–2004) på gallringsnettot 1994.

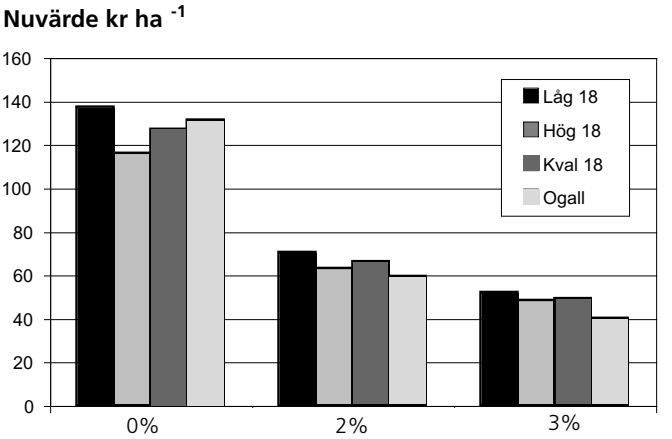
högre medelstamvolym och lägre avverkningskostnader (Figur 4). Vid den 2:a gallringen erhölls däremot ett högre netto för låggallringen än för kvalitetsgallringen, beroende på att gagnvirkesuttaget och medelstamsvolymen vid detta tillfälle var högre på låggallringsytorna.

Det var stora skillnader mellan de kvarstående bestånden efter 2004 års gallring (Tabell 3, sid 13). Med 10–15 m³sk/ha högre förråd och högre medeldiameter på de låggallrade ytorna jämfört med höggallring var rotvärdet högre för låggallringen än för höggallringen, medan kvalitetsgallringen intog en mellanställning (Tabell 3, sid 13). Det sammanlagda rotnettot av två gallringar och kvarstående bestånd (tänkt avverkning) var 5 000–6 000 kr/ha högre för låggallringen än för övriga gallringsbehandlingar. Värdet var generellt något högre för 32 än för 18 m stickvägsavstånd. För ogallrat var rotvärdet 2004 högre än det sammantagna rotnettot för såväl kvalitets- som för höggallringen (Tabell 3, sid 13).

För de ”provytor” som värdeberäknades med Timan erhölls vid såväl låggallring som kvalitetsgallring ett avsevärt bättre ekonomiskt utfall för det glesare beståndet i block 2 (Tabell 7, sid 17). Vid anläggningen 1994 hade block 2 ca 1 850 st/ha och 15 cm medeldiameter jämfört med block 1 med ca 2 100 – 2 400 st/ha och 13-14 cm medeldiameter.



Figur 4. Gallringsnetton 1994 och 2004 samt beräknade avverkningsnetton (med ”ProdMod2” och ”Beståndsval”) vid tredje gallring (ålder 60) och slutavverkning (ålder 75) för gallringsbehandlingarna låg 18, hög 18 och kval 18.



Figur 5. Nuvärden vid försöksstarten 1994 för gallringsbehandlingarna låg 18, hög 18 och kval 18 samt för ogallrat. Nuvärdena är baserade på utfallen vid gallringen 1994 respektive 2004 samt på beräknade utfall (med ”ProdMod2” och ”Beståndsval”) vid tredje gallring (ålder 60) och slutavverkning (ålder 75). Räntesatser 0, 2 och 3 %.

Nuvärdeskalkyler

Med både 2 eller 3 % kalkylränta erhölls det högsta nuvärdet för låggallring och det lägsta för ogallrat enligt de skötselmodeller som tillämpades fram till slutavverkning vid åldern 75 (Figur 5). För ogallrat var skillnaden i nuvärde mot gallringarna mindre vid 2 % ränta än vid 3 %. Vid inget räntekrav (= 0 %) hamnade ogallrat på andra plats efter låggallring (Figur 5). För höggallring gav både 3 gallringar och slutavverkning efter 75 år och 4 gallringar och slutavverkning efter 90 år lägre nuvärde än 3 låggallringar och slutavverkning efter 75 år (Tabell 10, sid 21).

Prognosmodellen (ProdMod2) underskattade den uppmätta volymtillväxten (1994-2004) för låggallringen och överskattade den för kvalitets- och höggallringen (Tabell 11, sid 22). För 30-årsperioden efter 2004 prognostiserades små skillnader i tillväxt och inga skillnader alls i naturlig avgång mellan gallringsalternativen.

Tabell 8. Effekter av de olika gallringsbehandlingarna på gallringsuttag och kvarstående bestånd 1994 respektive 2004 enligt kovariansanalys samt virkesvärden vid dessa tillfällen. De använda modellerna vid kovariansanalysen finns redovisade i bilaga 1. Virkesvärdena fastställdes med hjälp av Timan-beräkningarna som är redovisade i bilaga 9.

	Låg 18	Låg 32	Hög 18	Hög 32	Kval 18	Kval 32	Ogallrat
Gallringsuttag 1994:							
Volym, m³sk/ha	58,8	57,5	62,6	62,8	62,2	65,2	
Stamantal/ha	713	757	522	470	616	611	
Medeldiameter, dg, cm	12,6	12,5	15,3	16,0	13,8	14,3	
Medelstamvolym, m³sk	0,082	0,076	0,120	0,133	0,101	0,107	
Omräkningstal, m³sk–m³fub	0,73	0,73	0,75	0,76	0,74	0,74	
Medelstamvolym, m³fub	0,060	0,055	0,090	0,101	0,075	0,079	
Gagnvirkesvolym, m³fub	42,7	42,0	47,0	47,5	46,0	48,4	
Andel timmer, % av fub	9	9	15	18	13	13	
Virkesvärde, kr/m³fub	259	259	265	268	263	263	
Gallringsuttag 2004:							
Volym, m³sk/ha	75,9	78,0	75,5	76,7	71,9	72,2	
Stamantal/ha	461	433	291	330	471	456	
Medeldiameter, dg, cm	15,9	16,4	20,2	19,4	15,5	15,8	
Medelstamvolym, m³sk	0,165	0,180	0,259	0,232	0,152	0,158	
Omräkningstal, m³sk–m³fub	0,79	0,80	0,83	0,82	0,78	0,79	
Medelstamvolym, m³fub	0,130	0,144	0,215	0,190	0,118	0,125	
Gagnvirkesvolym, m³fub	59,9	62,4	62,6	62,8	55,6	56,9	
Andel timmer, % av fub	26	32	48	47	22	25	
Virkesvärde, kr/m³fub	267	270	297	296	262	265	
Kvarstående bestånd 2004:							
Gagnvirkesvolym, m³sk/ha	186,0	188,3	170,8	176,4	173,1	177,2	328,9
Stamantal/ha	754	735	1 073	1 110	814	842	1 918
Medeldiameter, dg, cm	19,3	19,5	15,7	15,6	18,1	17,8	15,9
Grundyta, m²/ha	22,0	22,0	20,8	21,2	20,9	21,0	38,4
Gagnvirkesvolym, m³sk	0,247	0,256	0,159	0,159	0,213	0,210	0,171
Omräkningstal, m³sk–m³fub	0,82	0,83	0,79	0,79	0,81	0,81	0,79
Medelstamvolym, m³fub	0,202	0,212	0,126	0,126	0,172	0,170	0,135
Gagnvirkesvolym, m³fub	152,3	156,2	134,8	139,4	140,0	143,1	259,8
Andel timmer, % av m³fub	47	48	25	25	39	38	32
Virkesvärde, kr/m³fub	296	297	265	265	282	281	270

Tabell 9. Drivningskostnader för gallring samt för rotvärdesberäkning av kvarstående bestånd 2004.

	Låg 18	Låg 32	Hög 18	Hög 32	Kval 18	Kval 32	Ogallrat
Gallring 1994:							
Medelstamvolym, m³fub	0,060	0,055	0,090	0,101	0,075	0,079	
Avverkningsprestation, m³fub/G15-tim	5,56	5,25	7,06	7,49	6,40	6,64	
Kostnad för skördare, kr/G15-tim	600	600	600	600	600	600	
Avverkningskostnad, kr/m³fub	107,9	114,3	85,0	80,1	93,8	90,4	
Mo-ma mellanzonsfällning, kr/m³fub		14,8		10,3		10,3	
Skotning, kr/m³fub	34,1	30,7	31,8	29,6	34,1	29,6	
Drivningskostnad, kr/m³fub	142,0	159,8	116,8	120,0	127,9	130,3	
Gallring 2004:							
Medelstamvolym, m³fub	0,130	0,144	0,215	0,190	0,118	0,125	
Avverkningsprestation, m³fub/G15-tim	9,31	9,83	11,29	10,78	8,73	9,22	
Kostnad för skördare, kr/G15-tim	700	700	700	700	700	700	
Avverkningskostnad, kr/m³fub	75,2	71,2	62,0	64,9	80,2	75,9	
Mo-ma mellanzonsfällning, kr/m³fub		13,0		12,0		14,0	
Skotningsprestation, m³fub/G15-tim	12,9	14,2	13,1	14,4	12,5	13,8	
Kostnad för skotare, kr/G15-tim	550	550	550	550	550	550	
Skotningskostnad, kr/m³fub	42,6	38,7	42,0	38,2	43,9	39,9	
Drivningskostnad, kr/m³fub	117,8	122,9	104,0	115,1	124,1	129,8	
Kvarstående bestånd 2004:							
Medelstamvolym, m³fub	0,202	0,212	0,126	0,126	0,172	0,170	0,135
Avverkningsprestation, m³fub/G15-tim	15,28	15,79	10,99	11,02	13,66	13,59	12,38
Kostnad för skördare, kr/G15-tim	870	870	870	870	870	870	870
Avverkningskostnad, kr/m³fub	56,9	55,1	79,2	79,0	63,7	64,0	70,3
Skotningsprestation, m³fub/G15-tim	17,71	17,85	16,90	17,01	17,26	17,33	18,45

Tabell 10. Nuvärdeskalkyler baserade på uppmätta resultat 1994 (ålder 35) och 2004 (ålder 45), på beståndsframskrivningar (ålder 60, 75, 90) med "ProdMod2" (redovisade i tabell 11), samt på värdeberäkningar av framtida gallrings- och slutavverkningsnetton med "Beståndsval". Nuvärdena är beräknade för att gälla vid försöksstarten, d.v.s. 1994.

Avverkningsnetton, kr/ha:	**Låg 18**	**Hög 18,** 3 gallr.	**Hög 18,** 4 gallr.	**Kval 18**	**Ogallrat**
Gallringsnetto, ålder 35	4 996	6 965	6 965	6 215	
Gallringsnetto, ålder 45	8 937	12 082	12 082	7 667	
Gallringsnetto, ålder 60	14 735	15 088	15 088	15 102	
Gallringsnetto, ålder 75			21 381		
Slutavverkning, ålder 75	108 624	82 112		98 233	131 451
Slutavverkning, ålder 90			95 266		
Nuvärdeskalkyl 1994, 2% ränta, kr/ha:	**Låg 18**	**Hög 18,** 3 gallr.	**Hög 18,** 4 gallr.	**Kval 18**	**Ogallrat**
Nuvärde, gallring 1	4 996	6 965	6 965	6 215	
Nuvärde, gallring 2	7 331	9 911	9 911	6 290	
Nuvärde, gallring 3	8 981	9 197	9 197	9 205	
Nuvärde, gallring 4			9 683		
Nuvärde, slutavverkning	49 195	37 188	32 057	44 489	59 533
Nuvärde, totalt:	70 503	63 261	67 813	66 199	59 533
Nuvärdeskalkyl 1994, 3% ränta, kr/ha:	**Låg 18**	**Hög 18,** 3 gallr.	**Hög 18,** 4 gallr.	**Kval 18**	**Ogallrat**
Nuvärde, gallring 1	4 996	6 965	6 965	6 215	
Nuvärde, gallring 2	6 650	8 990	8 990	5 605	
Nuvärde, gallring 3	7 038	7 206	7 206	7 213	
Nuvärde, gallring 4			6 554		
Nuvärde, slutavverkning	33 300	25 172	18 745	30 114	40 298
Nuvärde, totalt	51 984	48 333	48 460	49 147	40 298

Tabell 11. Jämförelse mellan uppmätt bruttovolymtillväxt samt avgång och beräknad dito enligt beståndssimulatorn ”ProdMod2” för beståndsåldern 35–45 år. Dessutom beräknad volymtillväxt och avgång under beståndsåldern 45– 75 år enligt ”ProdMod2”.

	Låg 18	Hög 18	Kval 18	Ogallrat
Beståndsålder 35–45 år:				
Uppmätt tillväxt, m3sk/ha, 10 år	111,8	102,2	101,2	123,4
Relativ tillväxt, (låg 18 = 100)	100	91	90	110
Beräknad tillväxt, m3sk/ha, 10 år	110	106	108	114
Relativ tillväxt, (låg 18 = 100)	100	96	98	104
Kvot uppmätt/beräknad tillväxt	1,02	0,96	0,93	1,08
Uppmätt avgång, m3sk/ha, 10 år	0,5	2,5	1,6	3,7
Beräknad avgång, m3sk/ha, 10 år	11	11	11	18
Kvot uppmätt/beräknad avgång	0,05	0,23	0,15	0,21
Beståndsålder 45–75 år:				
Beräknad tillväxt 45–60, m3sk/ha, 15 år	161	152,5	155,5	179
Beräknad tillväxt 60–75, m3k/ha, 15 år	139	139,5	138	156,5
Beräknad tillväxt 45–75, m3sk/ha, 30 år	300	292	293,5	333,5
Relativ tillväxt 45–75, (låg 18 = 100)	100	97	98	111
Beräknad avgång 45–60, m3sk/ha, 15 år	18	18	18	38
Beräknad avgång 60–75, m3sk/ha, 15 år	21	21	21	52
Beräknad avgång 45–75, m3sk/ha, 30 år	39	39	39	90
Relativ avgång 45–75, (låg 18 = 100)	100	100	100	231

Diskussion

Gallringsförsöket i Kolfallet är ovanligt genom sina stora provytor där också stickvägar ingår. De flesta gallringsförsöken i Sverige är utförda på mindre ytor utan stickvägar. Eftersom stickvägarna inkluderas i gallringsstyrkan i Kolfallet innebär 30 % uttag av grundytan ett svagare uttag mellan stickvägar än vad som uppkommer i försök utan stickvägar. Genom samma gallringsstyrka på ytor med olika stickvägsavstånd blir uttaget av stammar mellan stickvägar större vid det glesa stickvägsavståndet. I experiment måste man utforska tydliga och konsekventa åtgärdsprogram för att principerna skall kunna fångas. I verkligheten kan man sedan tillämpa mellanformer av experimentens försöksled. Trots omfattningen på Kolfallsförsöket representerar det ett specifikt startläge beträffande t.ex. stamantal och medelhöjd vid 1:a gallringen. Det är mot den bakgrunden resultaten av Kolfallet skall tolkas. Det är en förhoppning att fler försök av denna typ kommer att finnas för framtida analyser.

Gallringsformens påverkan på beståndsutvecklingen

Höggallring med uttag av grova träd kombinerat med små stickvägsavstånd leder till att endast ett litet antal träd kan gallras ut selektivt mellan vägarna, om man vill undvika ett hårt uttag. Vid 1:a gallringen i Kolfallet gallrades ca 120 träd per hektar ut mellan vägarna vid 18 m stickvägsavstånd och ca 400 träd per hektar i stickvägarna. Kvar stod ca 1 400 träd/ha jämfört med ca 1 200 vid låggallring och 18 m stickväg. Det medförde att en del partier på höggallringsytorna blev mer eller mindre ogallrade med ojämn gallringsreaktion som följd. Det högre kvarstående antalet träd samt den ojämnare gallringsreaktionen vid höggallring än vid låggallring, som observerades i Kolfallet, ökar generellt diameterspridningen vid nästa avverkningstillfälle (Pettersson 1996, 2003).

Gallringens form och styrka påverkar hela det fortsatta gallringsprogrammet. Vid 2:a gallringen av Kolfallet var gallringsbehovet mer akut på hög- och kvalitetsgallringsytorna som hade högre stamantal, även om grundytan per hektar var något lägre än på låggallringsytorna. Försöksresultatet pekar således på att handlingsfriheten, mätt i antal år då det är lämpligt att göra förnyad gallring, blir större efter låggallring än efter höggallring. Det underlättar planeringen. I Kolfallet medförde upprepad höggallring också ett behov av en tredje gallring samt längre omloppstid för att nå samma medeldiameter i slutavverkning som vid låggallring. Kolfallet med i genomsnitt ca 1 950 stammar per hektar före första gallring förefaller att ha varit för tätt för höggallring. Många av de klenare träden som hade sparats 1994 hade inte utvecklats bra.

I en finsk gallringsserie i initialt låggallrade medelålders och äldre bestånd blev volymtillväxten efter höggallring 8 % högre för tall och 4 % lägre för gran (Mielikäinen och Valkonen 1991). Det beror på att den relativa tillväxten är lägre hos de grövre träden än hos de klenare i dessa åldersstadier och att denna skillnad i relativ tillväxt är generellt sett större för tall (Pettersson 1996). (Vid samma uttag i volym representerar då ett uttag av grova träd en mindre andel av beståndets löpande tillväxt än ett uttag av klena träd). Den eventuella fördelen med höggallring från volymtillväxtsynpunkt torde bli större ju äldre och desto mer olikåldrigt beståndet är, eftersom skillnaden i relativ tillväxt mellan klena och grova diameterklasser ökar med dessa faktorer (Pettersson 1996). Det visas i en finsk gallringsserie med 100-årig skiktad och grandominerad skog där tillväxten efter blädning (höggallring) var 5,4 m^3sk/ha, år och 4,6 m^3sk/ha, år efter låggallring (Lähde m.fl., 2002).

I första hand borde det således vara i hårt röjda bestånd med få jämnt fördelade stammar som man vid tidigt insatt 1:a gallring kan gallra med hög kvot och samtidigt få en god beståndsutveckling med få skador samt vid senare gallring i initialt låggallrade bestånd med utvecklingsbara och stabila träd. I äldre, olikåldriga eller skiktade bestånd torde man med gott resultat kunna tillämpa höggallring att döma av den finska studien. En viktig förutsättning torde vara att underbeståndet är vitalt och reaktivt, samt att avverkningsskadorna blir små på de kvarstående träden.

Tillväxtförlusten om 10 % vid höggallring i Kolfallet var större än i andra jämförbara studier. Efter höggallring i SLU:s gallrings- och gödslingsförsök (GG-försöken) uppmättes volymtillväxtförluster på 2 % i tall och 6 % i gran jämfört med låggallring (Eriksson och Karlsson, 1997). Största skillnaden mellan dessa försök och Kolfallet är att stickvägar ingår i provytorna i Kolfallet. Den areella fördelningen av träden

efter första gallring torde därför ha varit ojämnare i Kolfallet, vilket eventuellt kan ha haft viss påverkan på tillväxten. För Kolfallets del kan det antas att eventuella tillväxtförluster p.g.a. stickvägskalytan var lika stor oberoende av gallringform. På ytorna med högre gallringskvoter, 1 300–1 400 st/ha efter 1:a gallring och hård konkurrens hade sannolikt en hel del klenare träd med liten krona tappat i tillväxt under de senaste åren. Nedsatt vitalitet tillsammans med att de växtligaste träden var utgallrade kan eventuellt vara orsak till att volymtillväxten var 10 % lägre på de kvalitets- och höggallrade ytorna jämfört med de låggallrade.

Stickvägarnas påverkan på volymproduktionen

Stickvägar ger upphov till en tillväxtminskning åtminstone den närmaste tiden efter gallringen (Bucht 1981, Elfving 1985, Isomäki och Niemistö 1990, Eriksson m.fl. 1994, Pettersson 1996). Med försöksuppläggningen i Kolfallet är det inte möjligt att beräkna hela tillväxtförlusten av stickvägarna. Den lägsta tillväxten under 10-årsperioden uppmättes på den enda ingående korridorgallringsytan i försöket (bilaga 3). Den 6 % lägre tillväxten vid den nästan dubbelt så stora stickvägsarealen vid 18 m stickvägsavstånd jämfört med 32 m vägavstånd var inte signifikant. Eventuella tillväxtförluster kan ha berott på andra orsaker än större andel stickvägskalyta, t.ex. större andel avverkningsskador, mindre selektivt stamval, eller en kombination av dessa orsaker.

I Kolfallet var emellertid gallringsskadorna på kvarstående träd små efter 1994 års gallring och det fanns inga markskador (Pettersson 2003). Om det däremot inträffar skador på träd och rötter eller på marken i stickväg leder det till tillväxtförluster, kvalitetsförluster samt till ökad risk för vindfällning (se t.ex. Olsson 1986). Eftersom avverkningsskador på kvarstående träd och rötter främst är koncentrerade till de stickvägsnära träden ökar andelen träd med risk för att skadas av skördaren och skotaren ju tätare det är mellan stickvägar. Med ett tätt stickvägsnät torde också markskadorna kunna öka i omfattning. Det finns således en risk för större tillväxtnedsättning vid korta stickvägsavstånd om gallringsskador inträffat.

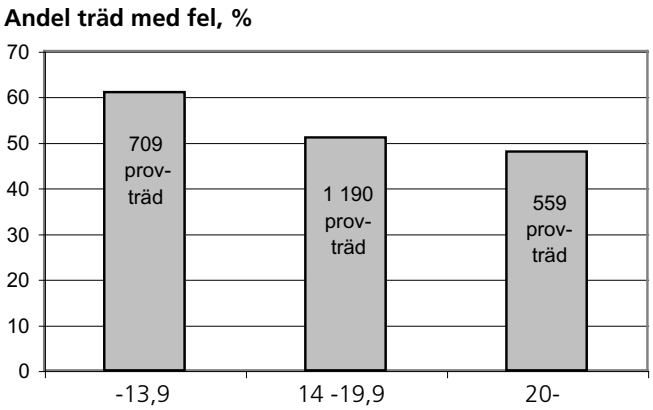
I manuellt utförda experiment med gallring och röjning uppkommer inga avverkningsskador, vilket innebär att kalyte- och selektionseffekten av stickvägar kan studeras mer renodlat. Jämfört med helt selektiv gallring i granskog var tillväxtförlusterna p.g.a. gallring med 25 m vägavstånd och 3,5 respektive 5 m vägbredd i storleksordningen 5–10 % under en 17-årsperiod. (Eriksson m.fl. 1994, Pettersson 2001). Analys av experiment med korridorröjning (Pettersson 1986) visade att kalytan i sig vid sidan om eventuella sämre möjligheter till individurval sänkte tillväxten (Pettersson 2001). Den totala tillväxtförlusten var i genomsnitt 6 % och 19 % med 2 m respektive 2,8 m breda korridorer under en 8–11-årig reaktionsperiod efter röjning. Tillväxtförlusterna efter stickvägsgallring minskar således med stigande stickvägsavstånd (= minskande stickvägsareal). Då minskar också avverkningsskadorna.

Gallringsformens påverkan på beståndets kvalitetsegenskaper

Kvalitetsegenskaper i förstagallringsbestånd

Vid försöksanläggningen i Kolfallet var andelen träd med synliga kvalitetsnedsättande fel låg (ca 30 %) i jämförelse med resultat från andra studier i yngre tallbestånd. I t.ex. ett antal slutröjnings- och förstagallringsbestånd med tall uppmättes andelen träd med kvalitetsnedsättande fel till mellan 50–60 % (Pettersson 2001 och 2003). I samtliga dessa bestånd var sprötkvist och krök i likhet med Kolfallet de vanligaste orsakerna till nedklassning. Det fanns inga tydliga tecken på att älgen hade varit viktig för skadorna, vare sig i Kolfallet eller i de övriga här refererade tallbestånden. Generellt sett kan man räkna med att ungefär vartannat träd har någon form av kvalitetsnedsättande fel i förstagallringsbestånd av tall. För älgskadade bestånd är det därför troligt att en ännu större andel av träden har någon form av fel. Även i yngre granbestånd förefaller en stor andel av träden ha synliga kvalitetsnedsättande fel. I ett förstagallringsbestånd med gran i Toftaholm hade 56 % av träden något fel (Figur 6). De vanligaste felen var sprötkvist och krök, i likhet med tallbestånden.

I utgångsbeståndet i Kolfallet var som framgått andelen träd med synliga kvalitetsnedsättande fel 7–8 procentenheter högre bland de klenare träden, som representerade en tredjedel av beståndsvolymen,

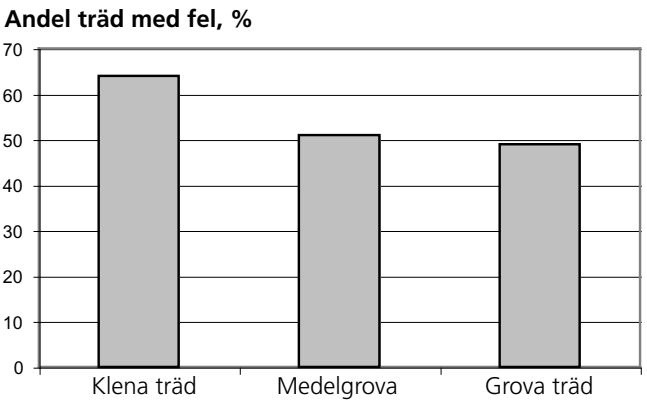


Figur 6. Andel träd med synliga, kvalitetsnedsättande fel i olika diameterklasser (cm) i granförsöket Toftaholm.

jämfört med de grövre träden. Det förefaller vanligt att klenare träd har fler fel än de grövre. I försöksseriens andra tallbestånd i Nyfors och Ludvika (Figur 7) (Pettersson 2003) och i granbeståndet Toftaholm (Figur 6) var andelen träd med synliga fel 10–15 procentenheter högre i de klenare diameterklasserna än i de grövre.

Felen kan orsakas av ogynnsam väderlek, insekter, svampar, snötryck och trädkonkurrens som hämmar tillväxten. Klenare träd är också mer utsatta för nya skador. Det är därför logiskt att andelen träd med fel är högre bland de klenare träden än bland de grövre.

En hel del talar också för att älgbetade träd i huvudsak återfinns bland de klenare träden då bestånden nått stadiet för första gallring. Det visar t.ex. resultat från älgskadeförsöket Furudal (Lavsund och Jernelid 1988) (Tabell 12). De betade träden förlorar en del av sin grönmassa och kan även förlora toppen, varför de bör tappa i diameter- och höjdtillväxt under åtminstone ett antal år. De grövre, härskande och medhärskande träden däremot bör till ganska stor del omfatta de träd som klarade sig bäst undan från älgbetning.



Figur 7. Andel träd med synliga kvalitetsnedsättande fel i olika diameterklasser i tallförsöken Nyfors och Ludvika. Varje trädklass omfattar 1/3 av beståndsvolymen.

Tabell 12. Aritmetisk medelhöjd och medeldiameter hösten 2003 för levande träd olika svårt skadade av älgbetning i älgskadeförsöket Furudal (Lavsund och Jernelid 1988). Skadeklassificeringen utförd 1991.

	Skadeklass 0 Inga eller lätta skador	Skadeklass 1 Måttliga skador	Skadeklass 2 Svåra skador	Skadeklass 3 Livshotande skador
Antal träd	159	166	307	12
Medelhöjd, dm	117	91	81	33
Medeldiameter, cm	14,5	10,3	9,3	3,3

Medeldiametern på den grövsta kvisten i brösthöjd ökar generellt med stigande diameterklass i tall. Detta visade t.ex. sju slutröjningsbestånd (Pettersson 2001) och Kolfallet. Variationen i kvistdiameter var dock stor i varje diameterklass i både i de refererade röjningsbestånden och i Kolfallet. Vid gallring bör man givetvis försöka utnyttja denna generella variation vid stamvalet. Det finns dock begränsade möjligheter för att kunna göra ett bra stamval vid maskinell gallring (Pettersson 2003). Förväxande tallar med dålig kvistkvalitet i naturligt uppkomna tallbestånd (s.k. vargar) torde vara lättast att upptäcka. Träd av denna typ tar stor plats i beståndet, varför ett uttag av ett sådant träd i allmänhet skapar en lucka. De förväxande träden bör tas ut tidigt i röjning. Det är viktigt att slutröjningen inte görs för sent (senast vid 5 m), annars blir man som regel tvingad att ställa kvar de förväxande träden i stor omfattning (Pettersson 2001).

Gallringsformens påverkan på kvalitetsegenskaperna

Det noggranna urvalet vid 1:a gallringen av gallringsträd på kvalitetsgallringsytorna i Kolfallet gav störst minskning av andelen träd med fel (12 procentenheter). Den mindre förbättringen vid 2:a gallringen på kvalitetsgallringsytorna berodde främst på att man då stämplade ut en hel del klena felfria träd som uppvisade tecken på snar självgallring i de förhållandevis stamtäta bestånden. Vid båda gallringstillfällena förbättrades andelen felfria träd på låggallringsytorna, medan den försämrades något på höggallringsytorna. På låggallringsytorna blev förbättringen större vid 32 m vägavstånd (9 procentenheter) än vid 18 m (5 procentenheter), vilket kan förklaras av en större andel selektiv gallring. Liknande resultat uppmättes i tre praktiskt gallrade granbestånd. I det som hade höggallrats med kvoten 1,07 hade inte någon kvalitetsförbättring (spröt, krök, lyra, delad stam) uppnåtts. En viss förbättring, framför allt beträffande andelen träd utan krök, hade däremot uppnåtts i de bestånd som hade låggallrats med kvoten 0,83 respektive 0,84 (Nordlund 1999).

Den manuella utsyningen på kvalitetsgallringsytorna var alltså effektivast för att minska andelen träd med fel, men gallringskvoten 1,0 var för hög för att ge beståndet en fortsatt bra utveckling. Med utgångspunkten att det finns fler träd med fel bland de klenare träden bör det mest praktiska sättet att minska andelen dåliga träd vara att tillämpa gallring med lägre kvoter.

Förändringen efter två gallringar av den genomsnittliga diametern för grövsta kvist i brösthöjd var mycket liten oavsett gallringsform (1 mm eller mindre). Det gällde även för tallbestånden Nyfors och Ludvika (Pettersson 2003). För konstruktionstimmer gäller att grövre stockar tål grövre kvist bättre än klenare stockar. Om förutsättningen finns för produktion av snickerivirke är det viktigt att satsa på träd med hög tillväxtpotential (=grova träd), eftersom en hög tillväxt bl.a. påskyndar övervallningsförloppet. Virkesprislistorna visar att trädgrovleken är en viktig kvalitetsfaktor, genom att grövre träd betalas bättre per kubikmeter än klena. De grova träd som utfaller i dagens slutavverkningar som är underlag för prislistorna kommer från i huvudsak låggallrade bestånd. Värdet av grova träd till timmer och i stort sett oförändrad kvistdiameter vid gallring talar för att man bör satsa på de grövre träden som huvudstammar och därför gallra med låg kvot.

Mycket talar således för att gallring med låg kvot enligt principen ”fri dansk gallring” bör vara gynnsam för produktionen av kvalitetsvirke. Konceptet går ut på att gallra bort skadade och sjuka träd, att man utser huvudstammar med goda kvalitetsegenskaper bland de medelgrova och grova träden samt att man gynnar deras utveckling genom att gallra ut de skadliga bistammarna (d.v.s. de träd som inkräktar på huvudstammarnas livsrum).

Gallringsstrategins inverkan på risken för vind- och snöskador

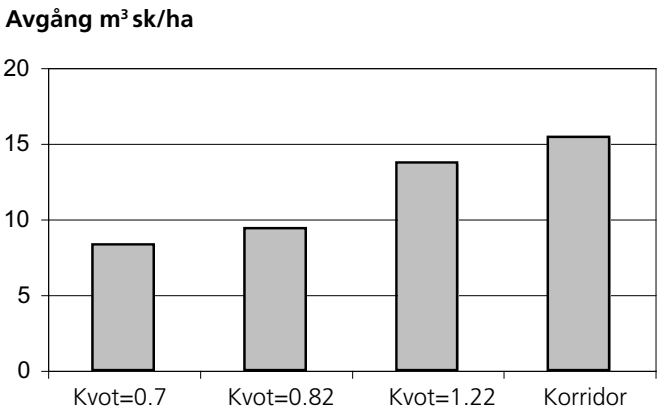
Vind- och snöskador är de klart dominerande orsakerna till naturlig avgång. Under perioden 1988-1992 var avgången p.g.a. vind- och snöskador 1,73 miljoner skogskubikmeter per år i landet, medan ytterligare 2,68 miljoner skogskubikmeter drabbades av produktionsnedsättande skador (Valinger och Fridman 1995). Under enskilda år kan stormar orsaka stor förödelse, som t.ex. var fallet 2005 och 2007. Avgång genom vind och snö medför direkta ekonomiska förluster för skogsägaren. Till detta skall läggas tillväxtförluster p.g.a. luckigare och stamglesare bestånd samt att avgångarna stör planeringen. Vindskadorna är vanligare och allvarligare i södra Sverige än

i övriga landet p.g.a. högre frekvens stormar och högre skog. Även beståndets läge i terrängen har betydelse för skaderisken, t.ex. är yngre tallbestånd på lokaler högre än 200 m öh. särskilt utsatta för snöskador och kombinationsskador genom snö och vind (se t.ex. Valinger och Lundqvist 1993).

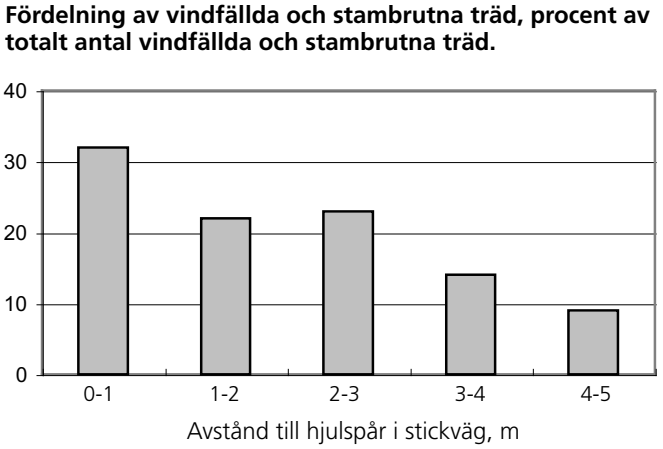
Orsaker till vind- och snöskador, samt hur de kan förebyggas studerades av Persson (1972 och 1975) på basis av skadorna efter 1969 års storm. Risken för vindskador är större vid gallring i äldre (högre) skog än i yngre. Hårda gallringsingrepp gör att risken för vindskador blir högre. Upptagande av stickvägar är en riskfaktor, eftersom detta ger nya angreppsytor för vinden. Risken för snöskador och kombinationsskador av snö och vind är som störst för gängliga träd som genom trängsel fått asymmetriska kronor. Senare studier har dessutom visat att höggallring ökar risken för vindskador (Lundqvist och Valinger 1995).

Bestånden i Kolfallet var välröjda och gallringsstyrkan var 30 % på grundytan, vilket i kombination med läget under 100 m öh. kan ha bidragit till att vind- och snöskadorna i försöket var obefintliga.

I de tre övriga gallringsförsöken i serien inträffade avgångar i form av vindfällning och stambrott. Tallförsöket Grannäs i Hälsingland beläget 420 m öh. drabbades under vintern 1997/1998 av relativt omfattande kombinationsskador av snö och vind. Avgången i form av vindfällning och stambrott ökade med stigande gallringskvot på de selektivt gallrade ytorna (Figur 8). Låggallringsytorna hade sannolikt en förhöjd vindfällningsrisk p.g.a. att dessa låg kant i kant med kvalitets- och höggallringsytorna, vilket även gäller för övriga försök. Den högsta avgången noterades för korridorgallring (uttag endast i stickvägar, stickvägsavstånd 12 m). Vid 18 m stickvägsavstånd hade avgången i genomsnitt varit 2 m³sk/ha högre än vid 25 m vägavstånd (Pettersson 2003). I Grannäs undersöktes även fördelningen av vindfällda och stambrutna träd på olika avstånd till stickväg. Resultaten visade att den högsta avgången skett i närheten av stickväg (Figur 9). Försöket i Grannäs drabbades under 2001 av nya vindskador och dessutom av gremmeniellaskador (Pettersson 2003). Försöket blev därför helt spolierat. Höjdläget i kombination med hög gallringskvot och hög gallringsstyrka (37 % på grundytan) har förmodligen spelat en betydande roll för de omfattande skadorna.



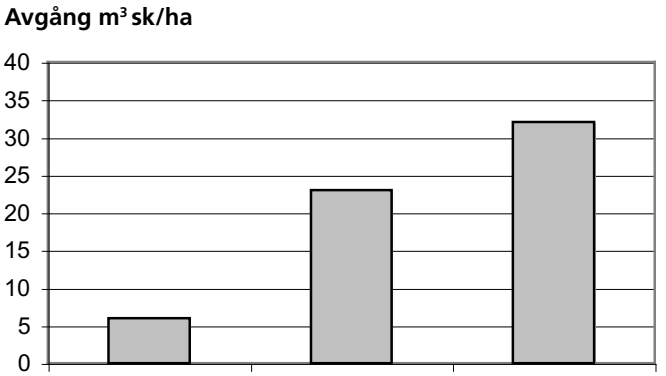
Figur 8. Avgångar på grund av vindfällning och stambrott vintern 1997/1998 i tallförsöket Grannäs. Vid korridorgallringen uttogs endast träd i stickvägar med 12 m mellan vägarna. Kvot = dg i uttag/dg i kvarstående bestånd (Pettersson 2003).



Figur 9. Fördelning av vindfällda och stambrutna träd vintern 1997/1998 på olika avstånd till yttre hjulspår i stickväg för den korridorgallrade ytan i tallförsöket Grannäs (Pettersson 2003).

I tallförsöket Ludvika, med sex gallringsytor hade avgången varit 10 m³sk/ha på den ena höggallringsytan under den första fyraårsperioden efter gallring (Pettersson 2003). De övriga fem ytorna hade klarat sig undan från vindskador. Försöket drabbades dock av så pass svåra gremmeniellaskador 2001 att det måste läggas ner.

Granförsöket Toftaholm drabbades av spridd vindfällning och stambrott under sexårsperioden efter gallring. Avgången ökade med stigande gallringskvot (Figur 10). Den ganska stora avgången på kvalitets- och höggallringsytorna torde dock till viss del kunna förklaras av de höga gallringsstyrkorna (35–39 % på grundytan jämfört med 29 % för låggallring) på dessa ytor. Försöket blev sedermera förstört av stormen ”Gudrun” 2005.



Figur 10. Avgångar p.g.a. vindfällning och stambrott 1997–2003 i granförsöket Toftaholm. Procentsiffran anger gallringsstyrkan på grundytan.

Mönstret för avgångarna i försöken överensstämde väl med den allmänna kunskap som redovisades inledningsvis. Omfattningen av vind- och snöskador ökar således med stigande gallringskvot och med sjunkande stickvägsavstånd. Vid gallring med hög kvot avverkar man de grövre och högre träden medan de klenare och mer snöbrottskänsliga träden lämnas kvar i större omfattning. Den större risken för vindfällning efter gallring med hög kvot förklaras av att de större träden är de träd som är mest vindstabila inom ett bestånd och när dessa tas bort ökar påfrestningarna på de kvarstående mindre träden som inte har kunnat utveckla samma goda vindstabilitet (Lundqvist och Valinger 1995).

För att begränsa risken för vind- och snöskador bör 1:a gallringen sättas in i god tid innan bestånden blir överslutna med högt upphissade kronor. Gallring sent under omloppstiden är särskilt riskabla, eftersom vindfällningsrisken ökar exponentiellt med stigande trädhöjd. Det är vidare viktigt att gallra skadefritt, eftersom skador på trädrötter och mark ökar vindfällningsrisken. Starka gallringsuttag ger en förhöjd vindfällningsrisk. Väl utförd röjning torde vara en viktig åtgärd för att skapa gallringsbestånd med god motståndskraft mot vind- och snöskador. De kvarstående träden kan då från ett tidigt stadium utbilda större och mer välförgrenade rotsystem, samt större och mer symmetriska kronor, jämfört med den utveckling som blir vid utebliven röjning. Detta skapar goda förutsättningar för beståndsstabiliteten under hela omloppstiden.

Gallringsformens och stickvägsavståndets inverkan på risken för avverkningsskador

Vid uppföljningen av 1:a gallringen i Kolfallet var avverkningsskadorna på stammar och rötter generellt sett små (Pettersson 2003). Det fanns tendens till lägre skadeandelar efter låggallring än efter kvalitets- och höggallring samt tendens till mindre skador vid 32 m stickvägsavstånd än vid 18 m. Samma skademönster, fast ännu tydligare, fanns i försöket i Grannäs (Pettersson 2003).

I en undersökning på Söderhamns förvaltning hos dåvarande Stora Skog AB fann Henriksson (1994) att frekvensen avverkningsskador var högre i 1994 års gallringar (5,03 % skadade träd i genomsnitt) än i 1993 års (2,72 %). Det som hade hänt från 1993 till 1994 var att stickvägsavståndet hade minskat, samtidigt som gallringskvoten hade ökat. Ökningen av skadefrekvensen var som tydligast för de tre bevakningar som hade gjort den största minskningen av stickvägsavståndet och den största ökningen av gallringskvoten.

En hög gallringskvot innebär att fler träd med möjlighet att skadas lämnas kvar i beståndet. De träd som gallras ut selektivt är dessutom grövre, och därför svårare att hantera för skördarföraren, än de kvarstående träden. Ett högre kvarlämnat stamantal medför också sämre sikt i beståndet. Med minskande

stickvägsavstånd ökar det kvarstående stamantalet per hektar mellan vägarna. Dessutom ökar andelen träd i beståndet som lämnas i kanten eller i närheten av stickväg med risk att skadas av skördaren och skotaren. Risken för stam- och rotskador på kvarstående träd torde därför öka med stigande gallringskvot och med sjunkande stickvägsavstånd.

Gallringsformens påverkan på risken för gremmeniellaskador

Under vissa år kan ganska omfattande angrepp av svamp eller insekter äga rum. År 2001 angreps t.ex. flera hundra tusen hektar med främst medelålders tallskog av Gremmeniella. Det var framförallt träd i de lägre trädklasserna, d.v.s. klenare träd under stress av konkurrens, eller på annat sätt med nedsatt vitalitet som skadades. Det visar både uppföljningar i experimentplanteringar (Sonesson m.fl. 2007) och i vanliga tallbestånd (Sikström m.fl. 2005).

Gallringsförsöket i Ludvika drabbades av 2001 års angrepp av Gremmeniella. Året efter (2002) gjordes ett praktiskt gallringsuttag av svårt skadade träd. En uppföljning visade på en övervikt av uttag för klenare träd. Uttaget i kubikmeter var högst på höggallrade ytor (vilka hade flest kvarstående klena träd efter 1:a gallringen 1998) och lägst på låggallrade (Pettersson 2003). Låggallring bör således minska risken för allvarliga angrepp av Gremmeniella och träddöd jämfört med gallringsformer med högre kvot som innebär att en större mängd klena träd lämnas kvar.

Långsiktiga ekonomiska effekter av olika röjnings- och gallringsåtgärder

Röjning

Från ekonomisk synpunkt är det viktigt att utföra slutröjningen till ett ganska lågt kvarstående stamantal (Pettersson 2003 och 2004). Då inträffar sista tidpunkt för 1:a gallring vid en högre medelhöjd (beståndsålder) jämfört med i svagt röjda bestånd. Medelstammens volym blir högre genom det lägre stamantalet och den högre medelhöjden. Detta ger lägre avverkningskostnader och ett högre gagnvirkesutbyte vid förstagallring. Den bättre ekonomin med starkare röjning än svagare finns med under hela omloppstiden (Pettersson 2004).

Det ekonomiska utfallet i Kolfallet blev också bättre i det stamglesare block 2 än i det stamtätare block 1 (provytor värdeberäknade med Timan). Skillnaden i ekonomiskt utfall (framför allt värdet på det kvarstående beståndet) överskattades dock p.g.a. en högre virkesvolym före 1:a gallring samt en högre volymtillväxt på de glesare ytorna i block 2. En rimlig slutsats är ändå att utgångsläget med 1 800–1 900 st/ha har givit ett bättre ekonomiskt resultat än mer än 2 000 st/ha i Kolfallet.

Ett mönster i det praktiska skogsbruket har under senare år varit att röjningarna har utförts svagt, medan 1:a gallringarna däremot har utförts ganska hårt. Från såväl ekonomisk synpunkt som från beståndsstabilitetssynpunkt talar således det mesta för att det är bättre att göra tvärtom, d.v.s. att utföra ganska hårda slutröjningar och tillämpa större försiktighet i 1:a gallring.

Gallring

Gallring är såväl avverkning som skogsvård, med både ett kortsiktigt och långsiktigt perspektiv att ta hänsyn till. Från ekonomisk synpunkt är gallring motiverat om åtgärden höjer den totala avkastningen av bestånden. I en ekonomisk kalkyl måste sålunda faktorer som gallringsnetto, värde på det kvarstående beståndet och den förväntade värdeutvecklingen fram till slutavverkning ingå.

I Kolfallet, fram t.o.m. 2:a gallringen år 2004, hade låggallring givit högre avkastning (plus 5 000–6 000 kr/ha) än både kvalitets- och höggallring, om man räknade med rotvärdet på det kvarstående beståndet. Låggallring hade lett till större virkesförråd, fördelat på ett lägre stamantal, högre medeldiameter, bättre dimensionsutveckling samt högre tillväxt. Det utgångsläget gör att den framtida värdeutvecklingen kommer att bli bättre för låggallringsytorna än för de övriga gallringsytorna. Det visade också nuvärdeskalkylen. Kalkylen gjordes för samma omloppstid. Om slutavverkningen istället skulle ske när en viss medeldiameter uppnåtts blir omloppstiden kortast för låggallring och längst för höggallring. Kortare omloppstid är ytterligare gynnsamt för ekonomin. I en kalkyl av ekonomin med olika gallringsformer bör man också inkludera högre självgallring och större avgångar p.g.a. snö- och vindskador vid gallring med

hög kvot än vid gallring med låg kvot. Resultaten från Kolfallet pekar således på att gallring med låg kvot ger den bästa totalekonomin.

Snabbare dimensionsutveckling och en större produktion av grövre träd är rimligen en generell effekt av låggallring, vilket också torde gälla för granbestånd. I t.ex. SLU:s GG-försök var det efter upprepade gallringar stor skillnad i medeldiameter mellan låggallring och höggallring (Eriksson och Karlsson 1997). Dessutom förefaller volymtillväxtförlusterna efter höggallring vara högre i gran än i tall enligt SLU:s GG-försök, minus 6 % i gran och minus 2 % i tall (Eriksson och Karlsson 1997). Det mesta talar således för att gallring med låg kvot även bör vara det långsiktigt mest ekonomiska för granbestånd.

De beräkningsmodeller som finns tillgängliga för produktionsprognoser är framtagna med i huvudsak låggallrade bestånd. I simulatorerna är varken tillväxt- eller avgångsfunktionerna differentierade på olika gallringformer, och inte heller på olika stickvägsavstånd. Det är således för närvarande inte möjligt att prognostisera skillnader i beståndsutveckling mellan olika gallringsformer och olika stickvägsavstånd på ett realistiskt sätt. I det aktuella fallet underskattades t.ex. den faktiska tillväxten vid låggallring och överskattades vid höggallring, samtidigt som det inte blev några skillnader i framtida tillväxt och avgång mellan gallringsalternativen, trots den stora skillnaden i beståndsstruktur.

Det finns också skäl att tolka nuvärdeskalkyler med långa löptider med försiktighet. Ändrade förutsättningarna i form av kalkylränta, tidpunkt för gallring och slutavverkning, priser och kostnader påverkar beräkningsresultaten, så att rangordningen mellan de studerade alternativen kan ändras. Med givna framtida gallringsuttag och slutavverkning vid samma tidpunkt av gallringsalternativen gav nuvärdeskalkylen i Kolfallet dock ett entydigt resultat.

Gallringsform och skogsgödsling

Skötselåtgärderna under ett bestånds livstid bör ses i ett sammanhang och inte isolerande ifrån varandra En åtgärd som rönt förnyat intresse under de senaste åren är skogsgödsling. För att få ut så bra effekter och så god lönsamhet som möjligt av denna åtgärd är det viktigt att gödslingsbestånden har vissa egenskaper. En egenskap bör vara god beståndsstabilitet, eftersom risken för snöbrott och vindfällning ökar under de första åren efter gödsling (se t.ex. Pettersson 1996). Vidare bör gödslingsbestånden ha god löpande tillväxt, eftersom gödslingseffekten ökar med stigande löpande tillväxt. Dessutom ökar gödslingens lönsamhet med stigande rotvärde per kubikmeter. Samtliga dessa tre faktorer talar för att låggallring är det bästa gallringssättet för att skapa lämpliga gödslingsbestånd.

Slutsatser

Försöket i Kolfallet är det enda kvarstående av fem gallringsförsök med stickvägar och praktisk tillämpning, där såväl virkesproduktionen som ekonomin har följts upp noggrant. Gallring är en motiverad åtgärd om den höjer den totala avkastningen av beståndet. I en ekonomisk kalkyl måste faktorer som gallringsnetto, rotvärde på kvarstående bestånd, förväntad värdeutveckling fram till slutavverkning samt förväntad slutavverkningstidpunkt ingå. I det initialt tämligen stamtäta (1 950 st/ha) Kolfallet gav upprepad låggallring högre värde än både kvalitets- och höggallring när gallringsnettona och rotvärdet för det kvarstående beståndet år 2004 summerades. Både strukturen i det kvarstående beståndet efter 2:a gallring och en nuvärdeskalkyl som inkluderade prognostiserad framtida avverkning visade att även det framtida värdet och därmed det totala värdet blev högst för låggallring och lägst för höggallring. Låggallring ger den kortaste omloppstiden vid given medeldiameter i slutavverkningsbeståndet. För Kolfallets del pekar således det mesta på att låggallring ger den bästa beståndsekonomin. Höggallring är framförallt tänkbart vid tidig gallring av hårt röjd skog med få jämnt fördelade stammar eller vid senare gallringar efter inledande låggallring som först reducerat stamantalet. Det finns även en del fakta som talar för att en inriktning mot praktiskt tillämpad låggallring av typ ”fri dansk gallring” generellt sett kan ge bättre ekonomi än en inriktning mot höggallring för såväl tall- som granbestånd.

Låggallring vid 1:a gallring har följande fem fördelar:

- snabbare dimensionsutveckling och högre volymtillväxt
- bättre virkeskvalitet
- bättre motståndskraft mot snö- och vindskador samt mindre självgallring
- större handlingsfrihet och underlättad planering
- lämpligare gödslingsobjekt

Erkännanden

Hagos Lundström har på förtjänstfullt sätt varit arbetsledare samt medverkat vid försöksanläggningen och gallringarna. Ola Rosvall, Lennart Rådström, Lars-Göran Sundblad och Magnus Thor har bidragit med värdefulla synpunkter på manuskriptet. Ett tack riktas också till bidragsgivarna Korsnäs AB, Bergvik Skog AB och Stora Enso Skog AB

Referenser

Bucht, S. 1981. Effekten av några olika gallringsmönster på beståndsutvecklingen i tallskog (Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsskötsel, Rapporter nr 4), 276 s. Umeå.

Cernold, Å. 1981. Utbytestabeller för rotstående skog. Centrala sågverksföreningen, Falun.

Ekö, P.M. 1985. En produktionsmodell för skog i Sverige, baserad på bestånd från riksskogstaxeringens provytor (Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsskötsel, Rapport nr 16), 224 s. Umeå.

Elfving, B. 1985. Five year growth in a line-thinning experiment with pine and spruce. Proceedings of the meeting of IUFRO Project Group P.4.02.02, Dublin, Ireland, 24-28 september, 1984, 114-121.

Eriksson, H. 1990. Hur har det gått med höggallringen? Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift nr 2 1990, 43–57.

Eriksson, H., Johansson, U. & Karlsson, K. 1994. Effekter av stickvägsbredd och gallringsform på beståndsutvecklingen i ett försök i granskog (Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsproduktion. Rapport Nr 38), 23 s. Garpenberg.

Eriksson, H. & Karlsson, K. 1997. Olika gallrings- och gödslingsregimers effekter på beståndsutvecklingen baserat på långliggande experiment i tall- och granbestånd i Sverige (Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsproduktion, Rapport nr 42), 135 s. Uppsala.

Frohm, S. 1995. Kostnader och kvalitetsresultat vid förstagallring i tallbestånd med olika gallringsformer och stickvägsavstånd. Skogforsk, Stencil 1995-12-06, 56 s. Uppsala.

Frohm, S. 1997. Södras gallringsutbildning på Toftaholmsytorna – utbildningsdokumentation. Skogforsk, Stencil 1997-12-08, 31 s. Uppsala.

Henriksson, L. 1994. Gallringsstudie vid Stora Skog AB, Söderhamns förvaltning 1994. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för biometri och indelning. Examensarbete, 24 s. Umeå.

Hägglund, B. 1974. Övre höjdens utveckling i tallbestånd (Skogshögskolan, Inst. För skogsproduktion, Rapporter och Uppsatser Nr 31), 54 s. Stockholm.

Isomäki, A. & Neimistö, P. 1990. Ajourien vaikutus puuston kasvuun Etelä-Suomen nuorissa kuusikoissa. (Abstract: Effect of strip roads on the growth and yield of young spruce stands in southern Finland). Folia Forestalia 756, 36 s.

Lavsund, S. & Jernelid, H. 1988. Arbetsrapport 880328. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för viltekologi. Uppsala.

Lundqvist, L. & Valinger, E. 1995. Vind och snöskador – Slump och biomekanik. Skog & Forskning 3/95, 34-39. Vimmerby.

Lähde, E., Laiho, Y., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 2002. Development of Norway spruce dominated stands after single-tree selection and low thinning. Can. J. For. Vol. 32, 1577-1584.

Mielikäinen, K. & Valkonen, S. 1991. Harvennustavan vaikutus varttuneen metsikön tuotokseen ja tuottoihin Etelä-Suomessa. (Summary: Effect of thinning method on the yield of middle-aged stands in southern Finland). Folia Forestalia 776, 22 s.

Nordlund, H. 1999. Uppföljningsmetod för mätning av virkeskvalitetens förändring vid gallring av granbestånd. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap. Examensarbete nr 6, 26 s. Alnarp.

Näslund, M. 1947. Funktioner och tabeller för kubering av stående träd: tall, gran och björk i södra Sverige samt i hela landet. Medd. Statens Skogsforskningsinstitut, 36:3, 81 s. Stockholm.

Olsson, P. 1986. Tillväxt- och kvalitetsnedsättning orsakad av skador i gallring. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, Stencil 1986-03-14, 21 s. Stockholm.

Persson, P. 1972. Vind- och snöskadors samband med beståndsbehandlingen - inventering av yngre gallringsförsök (Skogshögskolan, Institutionen för skogsproduktion, Rapporter och Uppsatser nr 23), 205 s. Stockholm.

Persson, P. 1975. Stormskador på skog - Uppkomstbetingelser och inverkan av skogliga åtgärder (Skogshögskolan, Institutionen för skogsproduktion, Rapporter och Uppsatser nr 36), 294 s. Stockholm.

Pettersson, F. 1996. Effekter av olika röjnings- och gallringsåtgärder på beståndsutvecklingen i tall- och granskog (Skogforsk, Redogörelse nr 5, 1996), 46 s. Oskarshamn.

Pettersson, F. 2001. Effekter av olika röjningsåtgärder på beståndsutvecklingen i tallskog (Skogforsk, Redogörelse nr 4, 2001), 28 s. Eskilstuna.

Pettersson, F. 2003. Effekter på beståndsutvecklingen och ekonomin av olika förstagallringsåtgärder i tallskog – Redovisning av försöksresultat och synpunkter på dagens röjnings- och gallringsverksamhet (Skogforsk, Redogörelse nr 3, 2003), 67 s. Eskilstuna.

Pettersson, F. 2004. Röjning- produktionsmässiga skötselmässiga och ekonomiska effekter. I: Ökad produktion i familjeskogsbruket – analys av tillväxthöjande och skadeförebyggande åtgärder (Skogforsk, Arbetsrapport nr 574, 2004), 27–40. Uppsala.

Pettersson, N. 1986. Korridorröjning i självsådd tallungskog (Sveriges lantbruksuniversitet, Inst. För skogsproduktion, Rapport nr 17), 22 s. Garpenberg.

SAS Institute Inc. 1999. SAS/STATTM. Guide för personal computers, version 8, edition. Cary, NC: SAS Institute INC.

Sikström, U, Jansson, G. & Weslien, J. 2005. Predicting the mortality of *Pinus sylvestris* attacked by *Gremmeniella abietina* and occurrence of *Tomicus piniperda* colonization. Can. J. For. Res. 35:860-867.

Sonesson, J., Swedjemark, G., Almqvist, C., Jansson, G., Hannrup, B., Rosvall, O. & Kroon, J. 2007. Genetic variation in responses of *Pinus sylvestris* trees to natural infection by *Gremmeniella abietina*. Scand. J. For. Res. (in press).

Thor, M. 1993. Olika gallringsformer och stickvägsavstånd vid förstagallring av tall. Skogforsk, Stencil 1993-12-20, 37 s. Uppsala.

Valinger, E. & Fridman, J. 1995. Vind- och snöskador – Omfattning och motåtgärder. Skog & Forskning 3/95, 40-45. Vimmerby.

Valinger, E & Lundqvist, L. 1993. Rätt skogsskötsel ger lägre risk för snö- och vindskador i tallbestånd (Sveriges lantbruksuniversitet, Skogsfakta nr 11, 1993), 4 s. Uppsala.

Bilaga 1

Använda modeller i kovariansanalyserna för att beräkna effekter av de olika gallringsbehandlingarna. I modellerna ingick block, gallringsbehandling och kovariabel (en eller två) enligt nedan.

Tabell:	Beroende variabel	Kovariabel i modellen	Modellens signifikansnivå, Pr>F	Determinations koefficient (R^2)
3	Volymtillväxt, m^3sk/ha, 10 år	medelhöjd vid anläggning	0,0006	0,951
4	Förändring av andelen träd utan fel	andelen träd utan fel vid anläggning	<0,0001	0,977
4	Förändring av andelen volym utan fel	andel volym utan fel vid anläggning	0,0004	0,956
5	Förändring av diametern på grövsta kvist	diameter på grövsta kvist vid anläggning	0,0035	0,918
7	Uttag 1994, m^3sk/ha	volym m^3sk/ha vid anläggning	0,0004	0,958
7	Uttag 1994, stamantal/ha	stam/ha vid anläggning	<0,0001	0,986
7	Uttag 1994, medeldiameter, dg, cm	stam/ha, dg vid anläggning	<0,0001	0,992
7	Uttag 2004, m^3sk/ha	volym m^3sk/ha vid anläggning	0,0006	0,948
7	Uttag 2004, stamantal/ha	stam/ha vid anläggning	<0,0001	0,984
7	Uttag 2004, medeldiameter, dg, cm	stam/ha, dg vid anläggning	<0,0001	0,988
7	Kvarstående, m^3sk/ha	volym m^3sk/ha, medelhöjd vid anläggning	<0,0001	0,989
7	Kvarstående, stamantal/ha	stam/ha vid anläggning	<0,0001	0,983
7	Kvarstående, medeldiameter, dg, cm	medeldiameter dg vid anläggning	<0,0001	0,993

Bilaga 2

Använda prestationsfunktioner för gallringarna 1994 och 2004, för skotning 2004, samt för beräkning av rotvärde för kvarstående bestånd efter gallring 2004. Funktionerna samt maskinkostnader 2004 tillhandahölls av Torbjörn Brunberg, Skogforsk.

Funktion för gallring i mellersta Sverige:

T = (7930/U) + (0,22 * V) + (5,3 * SEG) + (1,7 * UR) + 34

där

T = tidsåtgång, G_{15}-cmin/träd
U = antal uttagna stammar/ha
V = medelstamvolym, dm^3fub
SEG = antal kvarstående träd, i 1 000-tal/ha
UR = antal underväxtstammar, i 1 000-tal/ha
(Kostnadsnivå: 600 kr/G_{15}-tim, år 1994; 700 kr/G_{15}-tim, år 2004)

Funktion för skotning:

T = (A/360) + 1,35 * ((5,7 + 0,86 * UT + 11,45 * sqrtUT)/UT) + (0,05-V) + 0,52

där

T = tidsåtgång, G_{15}-min/m^3fub
A = enkelt transportavstånd, m
UT = uttaget i m^3fub/ha
V = medelstamvolym, m^3fub
(Kostnadsnivå: 550 kr/G_{15}-tim, år 2004, enkelt transportavstånd = 200 m)

Funktion för slutavverkning (för beräkning av rotvärde på kvarstående bestånd):

T = 5257/(U * (0,7 + 50/U)) + (105 * V + 49) + (2 * UR) + (0,02 * AK)

där

T = tidsåtgång, G_{15}-cmin/träd
U = antal uttagna stammar/ha
V = medelstamvolym, m^3fub
UR = antal underväxtstammar, i 1000-tal
AK = antal kvarstående träd/ha
(Kostnadsnivå: 870 kr/G_{15}-tim, år 2004)

Bilaga 3

Bestånds- och gallringsdata 1994 respektive 2004 för block 1.

	Låg 18 yta 1	Låg 32 yta 2	Hög 18 yta 3	Hög 32 yta 4	Kval 18 yta 5	Kval 32 yta 6	Kval 32 ma yta 7	Korridor yta 8	Ogallrat yta 10
Före gallring 1994:									
Övre höjd, m	14,8	15,2	15,7	15,2	15,4	15,0	14,8	14,9	15,7
Medelhöjd, m	13,4	13,9	14,3	13,8	14,2	13,6	13,6	13,4	14,6
Grundyta, m^2/ha	29,64	31,42	28,54	26,93	31,24	29,86	27,23	31,21	30,31
Stam/ha	2 400	2 060	1 781	1 630	2 426	1 852	1 873	2 149	1 485
Volym, m^3sk/ha	197,3	214,4	195,5	179,1	216,3	197,5	180,8	208,0	213,5
Medeldiameter, dg, cm	12,5	13,9	14,3	14,5	12,8	14,3	13,6	13,6	16,1
Gallringsuttag 1994:									
Grundyta, m^2/ha	8,76	9,23	8,69	8,14	9,63	9,43	8,20	9,87	
Stam/ha	857	809	473	388	790	576	642	661	
Volym, m^3sk/ha	57,8	61,5	58,7	54,6	66,6	62,5	54,2	65,9	
Medeldiameter, dg, cm	11,4	12,1	15,3	16,3	12,5	14,4	12,8	13,8	
Gallringsstyrka, grundyta, %	30	29	30	30	31	31	30	32	
Gallringskvot	0,87	0,79	1,10	1,17	0,96	1,01	0,91	1,02	
Kvarstående bestånd 1994:									
Medelhöjd, m	13,6	14,2	14,1	13,6	14,2	13,7	13,7	13,3	14,6
Grundyta, m^2/ha	20,88	22,19	19,85	18,79	21,61	20,43	19,03	21,34	30,31
Stam/ha	1 543	1 251	1 308	1 242	1 636	1 276	1 231	1 488	1 485
Volym, m^3sk/ha*	139,5	152,9	136,8	124,5	149,7	135,0	126,6	142,1	213,5
Volym, m^3sk/ha**	140,3	152,8	136,6	125,7	151,0	135,5	127,8	140,8	211,8
Medeldiameter, dg, cm	13,1	15,0	13,9	13,9	13,0	14,3	14,0	13,5	16,1
Före gallring 2004:									
Medelhöjd, m	17,0	17,8	18,0	17,1	17,2	17,1	17,2	16,1	18,5
Grundyta, m^2/ha	29,40	30,60	27,32	26,36	29,06	28,36	26,77	29,17	38,12
Stam/ha	1 538	1 245	1 245	1 219	1 605	1 242	1 231	1 458	1 432
Volym, m^3sk/ha	238,7	255,5	231,2	214,2	239,9	225,8	218,2	225,6	327,6
Medeldiameter, dg, cm	15,6	17,7	16,7	16,6	15,2	17,0	16,6	16,0	18,4

	Låg 18 yta 1	Låg 32 yta 2	Hög 18 yta 3	Hög 32 yta 4	Kval 18 yta 5	Kval 32 yta 6	Kval 32 ma yta 7	Korridor yta 8	Ogallrat yta 10
Bruttotillväxt 1994-2004:									
Grundyta, m^2/ha	8,58	8,52	7,86	7,75	7,66	8,33	7,74	7,99	8,24
Volym, m^3sk/ha***	98,7	103,5	97,3	89,7	90,2	92,8	90,4	85,9	118,7
Avgång 1994–2004:									
Grundyta, m^2/ha	0,06	0,11	0,39	0,18	0,21	0,40	0	0,16	0,43
Stam/ha	5	6	63	23	26	34	0	30	53
Volym, m^3sk/ha	0,3	0,8	2,7	1,2	1,3	2,5	0	1,1	2,9
Medeldiameter, dg, cm	12,4	15,3	8,9	10,0	10,1	12,2	0	8,2	10,2
Nettotillväxt 1994–2004:									
Höjd, m	3,4	3,6	3,9	3,5	3,0	3,4	3,5	2,8	3,9
Grundyta, m^2/ha	8,52	8,41	7,47	7,57	7,45	7,93	7,74	7,83	7,81
Volym, m^3sk/ha***	98,4	102,7	94,6	88,5	88,9	90,3	90,4	84,8	115,8
Gallringsuttag 2004:									
Grundyta, m^2/ha	8,87	9,16	8,26	8,04	8,67	8,52	7,93	8,32	
Stam/ha	585	461	242	262	613	461	436	416	
Volym, m^3sk/ha	70,3	74,6	71,0	66,0	70,0	65,8	63,8	64,3	
Medeldiameter, dg, cm	13,9	15,9	20,8	19,8	13,4	15,3	15,2	16,0	
Gallringsstyrka, grundyta, %	30	30	30	30	30	30	30	29	
Gallringskvot	0,84	0,85	1,33	1,27	0,83	0,85	0,87	1,00	
Kvarstående bestånd 2004:									
Medelhöjd, m	17,1	18,0	17,7	16,7	17,3	17,4	17,4	16,1	18,5
Grundyta, m^2/ha	20,53	21,44	19,06	18,32	20,39	19,84	18,84	20,85	38,12
Stam/ha	953	784	1 003	957	993	781	795	1 042	1 432
Volym, m^3sk/ha	168,4	180,9	160,2	148,2	169,9	160,0	154,4	161,3	327,6
Medeldiameter, dg, cm	16,6	18,7	15,6	15,6	16,2	18,0	17,4	16,0	18,4

* = enligt 1994 års provträd.

** = enligt nya volymfunktioner gällande 1994 utarbetade på exakt samma provträd som användes 2004.

*** = enligt tillväxtutvecklingen på 2004 års provträd.

Bilaga 4

Bestånds- och gallringsdata 1994 respektive 2004 för block 2.

	Låg 18 yta 23	Låg 32 yta 25	Hög 18 yta 22	Hög 32 yta 24	Kval 18 yta 27	Kval 32 yta 26	Ogallrat yta 21
Före gallring 1994:							
Övre höjd, m	15,8	15,2	15,6	15,8	15,4	16,0	15,8
Medelhöjd, m	14,5	13,8	14,2	14,3	13,9	14,7	14,5
Grundyta, m^2/ha	32,40	33,75	32,41	31,53	32,56	33,58	31,99
Stam/ha	1 864	1 883	1 746	1 857	1 853	1 754	1 891
Volym, m^3sk/ha	226,1	228,0	222,6	217,8	223,9	236,5	221,7
Medeldiameter, dg, cm	14,9	15,1	15,4	14,7	15,0	15,6	14,7
Gallringsuttag 1994:							
Grundyta, m^2/ha	9,00	9,72	9,74	8,86	9,70	10,49	
Stam/ha	712	751	510	430	601	591	
Volym, m^3sk/ha	61,7	62,3	67,0	62,1	66,8	73,7	
Medeldiameter, dg, cm	12,7	12,8	15,6	16,2	14,3	15,0	
Gallringsstyrka, grundyta, %	28	29	30	28	30	31	
Gallringskvot	0,79	0,78	1,02	1,14	0,94	0,94	
Kvarstående bestånd 1994:							
Medelhöjd, m	14,7	14,1	14,2	14,1	14,0	14,8	14,5
Grundyta, m^2/ha	23,40	24,03	22,67	22,67	22,86	23,09	31,99
Stam/ha	1 152	1 132	1 236	1 427	1 252	1 163	1 891
Volym, m^3sk/ha*	164,4	165,7	155,6	155,7	157,1	162,8	221,7
Volym, m^3sk/ha**	165,2	164,5	153,8	156,4	154,2	162,4	224,0
Medeldiameter, dg, cm	16,1	16,4	15,3	14,2	15,2	15,9	14,7
Före gallring 2004:							
Medelhöjd, m	18,8	18,7	18,1	18,2	18,3	19,4	18,6
Grundyta, m^2/ha	32,92	32,91	31,44	32,53	31,52	32,00	39,56
Stam/ha	1 146	1 120	1 212	1 397	1 219	1 128	1 811
Volym, m^3sk/ha	289,0	290,9	262,4	278,6	268,8	287,2	348,3
Medeldiameter, dg, cm	19,1	19,3	18,2	17,2	18,1	19,0	16,7

	Låg 18 yta 23	Låg 32 yta 25	Hög 18 yta 22	Hög 32 yta 24	Kval 18 yta 27	Kval 32 yta 26	Ogallrat yta 21
Bruttotillväxt 1994–2004:							
Grundyta, m^2/ha	9,61	9,03	9,08	10,10	8,95	9,35	8,35
Volym, m^3sk/ha	124,4	127,4	110,6	124,0	116,5	127,7	129,6
Avgång 1994–2004:							
Grundyta, m^2/ha	0,09	0,15	0,31	0,24	0,29	0,44	0,78
Stam/ha	6	12	24	30	33	35	80
Volym, m^3sk/ha	0,6	1,0	2,0	1,5	1,9	2,9	5,6
Medeldiameter, dg, cm	13,8	12,6	12,8	10,0	10,6	12,7	11,1
Nettotillväxt 1994–2004:							
Höjd, m	4,1	4,6	3,9	4,1	4,3	4,6	4,1
Grundyta, m^2/ha	9,52	8,88	8,77	9,86	8,66	8,91	7,57
Volym, m^3sk/ha***	123,8	126,4	108,6	122,5	114,6	124,8	124,0
Gallringsuttag 2004:							
Grundyta, m^2/ha	9,80	9,84	9,45	10,03	9,29	9,33	
Stam/ha	441	428	267	300	436	376	
Volym, m^3sk/ha	83,8	83,7	79,8	87,9	78,2	83,2	
Medeldiameter, dg, cm	16,8	17,1	21,2	20,6	16,5	17,8	
Gallringsstyrka, grundyta, %	30	30	30	31	30	29	
Gallringskvot	0,82	0,83	1,23	1,28	0,87	0,91	
Kvarstående bestånd 2004:							
Medelhöjd, m	19,2	19,1	17,8	17,7	18,6	19,5	18,6
Grundyta, m^2/ha	23,12	23,07	21,99	22,50	22,23	22,67	39,56
Stam/ha	705	692	945	1 097	783	752	1 811
Volym, m^3sk/ha	205,2	207,2	182,6	191,0	190,6	204,0	348,3
Medeldiameter, dg, cm	20,4	20,6	17,2	16,1	19,0	19,6	16,7

* = enligt 1994 års provträd.

** = enligt nya volymfunktioner gällande 1994 utarbetade på exakt samma provträd som användes 2004.

*** = enligt tillväxtutvecklingen på 2004 års provträd.

Bilaga 5

Bestånds- och gallringsdata 1994 respektive 2004 för block 3.

	Hög 18 yta 33	Hög 32 yta 32	Kval 18 yta 35	Kval 32 yta 31	Ogallrat yta 34
Före gallring 1994:					
Övre höjd, m	15,0	14,5	14,4	14,3	14,4
Medelhöjd, m	13,6	13,2	13,0	13,0	13,2
Grundyta, m²/ha	31,68	30,86	29,65	30,68	32,37
Stam/ha	2 023	1 846	2 020	1 948	2 068
Volym, m³sk/ha	207,7	199,8	190,6	194,0	210,9
Medeldiameter, dg, cm	14,1	14,6	13,7	14,2	14,1
Gallringsuttag 1994:					
Grundyta, m²/ha	9,55	9,24	8,52	9,41	
Stam/ha	506	449	608	592	
Volym, m³sk/ha	61,5	60,5	54,6	59,6	
Medeldiameter, dg, cm	15,5	16,2	13,4	14,2	
Gallringsstyrka, grundyta, %	30	30	29	31	
Gallringskvot	1,13	1,16	0,97	1,01	
Kvarstående bestånd 1994:					
Medelhöjd, m	13,4	13,1	13,0	12,9	13,2
Grundyta, m²/ha	22,35	21,62	21,13	21,27	32,37
Stam/ha	1 517	1 397	1 412	1 356	2 068
Volym, m³sk/ha*	146,2	139,3	136,0	134,4	210,9
Volym, m³sk/ha**	146,7	139,6	134,0	134,7	209,7
Medeldiameter, dg, cm	13,7	14,0	13,8	14,1	14,1
Före gallring 2004:					
Medelhöjd, m	17,4	17,4	16,7	16,8	17,4
Grundyta, m²/ha	30,22	29,85	28,64	29,11	40,22
Stam/ha	1 458	1 372	1 379	1 349	2 024
Volym, m³sk/ha	247,4	246,9	225,8	234,3	335
Medeldiameter, dg, cm	16,2	16,6	16,3	16,6	15,9

	Hög 18 yta 33	Hög 32 yta 32	Kval 18 yta 35	Kval 32 yta 31	Ogallrat yta 34
Bruttotillväxt 1994–2004:					
Grundyta, m^2/ha	8,33	8,39	7,78	7,89	8,22
Volym, m^3sk/ha***	103,5	108,2	93,4	99,8	127,8
Avgång 1994–2004:					
Grundyta, m^2/ha	0,45	0,16	0,27	0,05	0,37
Stam/ha	59	25	33	7	44
Volym, m^3sk/ha	2,8	0,9	1,6	0,2	2,5
Medeldiameter, dg, cm	9,9	9,0	10,2	9,5	10,3
Nettotillväxt 1994–2004:					
Höjd, m	4,0	4,3	3,7	3,9	4,2
Grundyta, m^2/ha	7,88	8,23	7,51	7,84	7,85
Volym, m^3sk/ha***	100,7	107,3	91,8	99,6	125,3
Gallringsuttag 2004:					
Grundyta, m^2/ha	8,99	9,03	8,72	8,52	
Stam/ha	298	306	492	466	
Volym, m^3sk/ha	75,7	76,1	67,4	67,6	
Medeldiameter, dg, cm	19,6	19,4	15,0	15,2	
Gallringsstyrka, grundyta, %	30	30	30	29	
Gallringskvot	1,28	1,23	0,89	0,88	
Kvarstående bestånd 2004:					
Medelhöjd, m	16,8	16,9	16,9	16,9	17,4
Grundyta, m^2/ha	21,23	20,82	19,92	20,59	40,22
Stam/ha	1 160	1 066	887	883	2 024
Volym, m^3sk/ha	171,7	170,8	158,4	166,7	335,0
Medeldiameter, dg, cm	15,3	15,8	16,9	17,2	15,9

* = enligt 1994 års provträd.
** = enligt nya volymfunktioner gällande 1994 utarbetade på exakt samma provträd som användes 2004.
*** = enligt tillväxtutvecklingen på 2004 års provträd.

Bilaga 6

Andel träd med synliga kvalitetsnedsättande fel, samt gallringarnas påverkan på denna andel.

Block 1	**Låg 18 yta 1**	**Låg 32 yta 2**	**Hög 18 yta 3**	**Hög 32 yta 4**	**Kval 18 yta 5**	**Kval 32 yta 6**	**Kval 32 ma yta 7**	**Korridor yta 8**
Andel träd med fel före gallring 1994	30,5	26,5	21,0	19,2	17,9	18,5	28,0	28,5
Andel träd med fel efter gallring 1994	28,9	22,0	22,8	19,3	3,0	7,0	16,2	29,8
Förbättring 1994, procentenheter	1,6	4,5	-1,8	-0,1	14,9	11,5	11,8	–1,3
Andel träd med fel efter gallring 2004	26,8	18,6	24,2	20,0	1,8	5,4	10,6	29,5
Förbättring 2004, procentenheter	2,1	3,4	-1,4	-0,7	1,2	1,6	5,6	0,3
Sammanlagd förbättring, procentenheter	3,7	7,9	-3,2	-0,8	16,1	13,1	17,4	–1,0
Block 2	**Låg 18 yta 23**	**Låg 32 yta 25**	**Hög 18 yta 22**	**Hög 32 yta 24**	**Kval 18 yta 27**	**Kval 32 yta 26**		
Andel träd med fel före gallring 1994	27,1	37,1	41,6	39,0	25,9	37,6		
Andel träd med fel efter gallring 1994	22,9	31,2	41,9	39,7	14,8	26,4		
Förbättring 1994, procentenheter	4,2	5,9	-0,3	-0,7	11,1	11,2		
Andel träd med fel efter gallring 2004	21,0	27,5	42,5	43,4	7,9	17,5		
Förbättring 2004, procentenheter	1,9	3,7	-0,6	-3,7	6,9	8,9		
Sammanlagd förbättring, procentenheter	6,1	9,6	-0,9	-4,4	18,0	20,1		
Block 3			**Hög 18 yta 33**	**Hög 32 yta 32**	**Kval 18 yta 35**	**Kval 32 yta 31**		
Andel träd med fel före gallring 1994			30,5	38,1	35,2	37,5		
Andel träd med fel efter gallring 1994			31,6	38,1	24,6	23,6		
Förbättring 1994, procentenheter			-1,1	0	10,6	13,9		
Andel träd med fel efter gallring 2004			32,4	38,4	15,5	19,0		
Förbättring 2004, procentenheter			-0,8	-0,3	9,1	4,6		
Sammanlagd förbättring, procentenheter			-1,9	-0,3	19,7	18,5		

Bilaga 7

Andel volym avsatt på träd med synliga kvalitetsnedsättande fel, samt gallringarnas påverkan på denna volym.

Block 1	**Låg 18 yta 1**	**Låg 32 yta 2**	**Hög 18 yta 3**	**Hög 32 yta 4**	**Kval 18 yta 5**	**Kval 32 yta 6**	**Kval 32 ma yta 7**	**Korridor yta 8**
Andel volym med fel före gallring 1994	29,9	24,8	19,4	17,3	17,2	16,8	26,4	26,7
Andel volym med fel efter gallring 1994	28,5	21,6	21,0	17,5	2,9	6,1	16,9	27,9
Förbättring 1994, procentenheter	1,4	3,2	-1,6	-0,2	14,3	10,7	9,5	–1,2
Andel volym med fel efter gallring 2004	26,3	19,2	23,0	18,2	1,8	5,5	11,3	28,5
Förbättring 2004, procentenheter	2,2	2,4	-2,0	-0,7	1,1	0,6	5,6	–0,6
Sammanlagd förbättring, procentenheter	3,6	5,6	-3,6	-0,9	15,4	11,3	15,1	–1,8
Block 2	**Låg 18 yta 23**	**Låg 32 yta 25**	**Hög18 yta 22**	**Hög 32 yta 24**	**Kval 18 yta 27**	**Kval 32 yta 26**		
Andel volym med fel före gallring 1994	24,4	35,2	38,9	36,5	23,1	34,6		
Andel volym med fel efter gallring 1994	22,3	31,6	41,9	38,6	13,4	24,7		
Förbättring 1994, procentenheter	2,1	3,6	-3,0	-2,1	9,7	9,9		
Andel volym med fel efter gallring 2004	20,6	28,7	43,2	44,4	6,9	15,5		
Förbättring 2004, procentenheter	1,7	2,9	-1,3	-5,8	6,5	9,2		
Sammanlagd förbättring, procentenheter	3,8	6,5	-4,3	-7,9	16,2	19,1		
Block 3			**Hög 18 yta 33**	**Hög 32 yta 32**	**Kval 18 yta 35**	**Kval 32 yta 31**		
Andel volym med fel före gallring 1994			28,2	37,0	33,3	39,0		
Andel volym med fel efter gallring 1994			28,8	37,6	23,3	24,7		
Förbättring 1994, procentenheter			-0,6	-0,6	10,0	14,3		
Andel volym med fel efter gallring 2004			29,7	38,2	13,8	20,5		
Förbättring 2004, procentenheter			-0,9	-0,6	9,5	4,2		
Sammanlagd förbättring, procentenheter			-1,5	-1,2	19,5	18,5		

Bilaga 8

Uppmätt genomsnittlig diameter på grövsta kvist i brösthöjd, samt gallringarnas påverkan på denna diameter.

Block 1	**Låg 18 yta 1**	**Låg 32 yta 2**	**Hög 18 yta 3**	**Hög 32 yta 4**	**Kval 18 yta 5**	**Kval 32 yta 6**	**Kval 32 ma yta 7**	**Korridor yta 8**
Före gallring 1994, mm	10,25	14,26	13,12	15,05	13,04	13,01	12,50	14,47
Efter gallring 1994, mm	10,44	14,89	13,08	14,49	13,01	12,56	12,77	14,37
Förändring 1994, mm	0,19	0,64	-0,04	-0,56	–0,03	–0,45	0,27	–0,10
Efter gallring 2004, mm	10,54	15,25	12,53	14,07	13,38	12,7	12,88	14,30
Förändring 2004, mm	0,10	0,36	-0,55	-0,42	0,37	0,14	0,11	–0,07
Sammanlagt förändring, mm	0,29	1,00	-0,59	-0,98	0,34	–0,31	0,38	–0,17
Block 2	**Låg 18 yta 23**	**Låg 32 yta 25**	**Hög 18 yta 22**	**Hög 32 yta 24**	**Kval 18 yta 27**	**Kval 32 yta 26**		
Före gallring 1994, mm	14,30	15,47	15,39	14,91	15,79	16,06		
Efter gallring 1994, mm	15,07	16,25	15,37	14,54	15,74	16,14		
Förändring 1994, mm	0,77	0,78	-0,02	-0,37	–0,05	0,08		
Efter gallring 2004, mm	15,56	16,54	14,99	13,99	15,80	16,50		
Förändring 2004, mm	0,49	0,29	-0,38	-0,55	0,06	0,36		
Sammanlagt förändring, mm	1,26	1,07	-0,40	-0,92	0,01	0,44		
Block 3			**Hög 18 yta 33**	**Hög 32 yta 32**	**Kval 18 yta 35**	**Kval 32 yta 31**		
Före gallring 1994, mm			14,78	17,38	14,67	20,67		
Efter gallring 1994, mm			14,60	16,94	14,72	20,69		
Förändring 1994, mm			-0,18	-0,44	0,05	0,02		
Efter gallring 2004, mm			14,22	16,55	15,10	20,61		
Förändring 2004, mm			-0,38	-0,39	0,38	–0,08		
Sammanlagt förändring, mm			-0,56	-0,83		–0,06		

Bilaga 9

Gallringsuttag 1994 och 2004, kvarstående bestånd 2004 samt aktuella virkesvärden 1994 respektive 2004 för de fyra provytorna i block 1–2 som utbytes- och värdeberäknades med virkesanalysprogrammet Timan.

	Block 1 Låg 32	**Block 1 Kval 18**	**Block 2 Låg 32**	**Block 2 Kval 18**
Gallringsuttag 1994:				
Volym, m^3sk/ha	61,5	66,6	62,3	66,8
Stamantal/ha	809	790	751	601
Medeldiameter i uttag, dg, cm	12,1	12,5	12,8	14,3
Medelstam i uttag, m^3sk	0,076	0,084	0,083	0,111
Omräkningstal, m^3sk– m^3fub	0,72	0,73	0,73	0,74
Medelstam, m^3fub	0,055	0,061	0,061	0,082
Gagnvirkesvolym, m^3fub	44,5	48,2	45,8	49,3
Andel timmer, % av fub	7	9	12	15
Virkesvärde, kr/m^3fub	257	259	262	265
Gallringsuttag 2004:				
Volym, m^3sk/ha	74,6	70,0	83,7	78,2
Stamantal/ha	461	613	428	436
Medeldiameter i uttag, dg, cm	15,9	13,4	17,1	16,5
Medelstam i uttag, m^3sk	0,162	0,114	0,196	0,179
Omräkningstal, m^3sk– m^3fub	0,79	0,74	0,81	0,80
Medelstam, m^3fub	0,128	0,084	0,159	0,143
Gagnvirkesvolym, m^3fub	59,0	51,5	68,1	62,4
Andel timmer, % av fub	26	19	35	32
Virkesvärde, kr/m^3fub	267	258	278	270
Kvarstående bestånd 2004:				
Volym, m^3sk/ha	180,9	169,9	207,2	190,6
Stamantal/ha	784	993	692	783
Medeldiameter, dg, cm	18,7	16,2	20,6	19,0
Medelstamvolym, m^3sk	0,231	0,171	0,299	0,243
Omräkningstal, m^3sk– m^3fub	0,81	0,79	0,84	0,82
Medelstamvolym, m^3fub	0,187	0,135	0,251	0,199
Gagnvirkesvolym, m^3fub	146,7	134,1	173,8	156,0
Andel timmer, % av m^3fub	43	30	52	47
Virkesvärde, kr/m^3fub	289	272	301	296

Bilaga 10

Drivningskostnader för gallring 1994 och 2004 samt för rotvärdesberäkning av kvarstående bestånd 2004 för de fyra provytorna i block 1–2 som utbytes- och värdeberäknades med virkesanalysprogrammet Timan.

	Block 1 Låg 32	Block 1 Kval 18	Block 2 Låg 32	Block 2 Kval 18
Drivningskostnader 1994:				
Medelstamvolym, m^3fub	0,055	0,061	0,061	0,082
Avverkningsprestation, m^3fub/G_{15}-tim	5,28	5,53	5,72	6,85
Kostnad för skördare, kr/G_{15}-tim	600	600	600	600
Avverkningskostnad, kr/m^3fub	113,6	108,5	104,9	87,6
Mo-ma mellanzonsfällning, kr/m^3fub	14,8		14,8	
Skotning, kr/m^3fub	30,7	34,1	30,7	34,1
Drivningskostnad, kr/m^3fub	159,1	142,6	150,4	121,7
Drivningskostnader, gallring 2004:				
Medelstamvolym, m^3fub	0,128	0,084	0,159	0,143
Avverkningsprestation, m^3fub/G_{15}-tim	9,20	7,13	10,46	9,77
Kostnad för skördare, kr/G_{15}-tim	700	700	700	700
Avverkningskostnad, kr/m^3fub	76,0	98,2	66,9	71,7
Mo-ma mellanzonsfällning, kr/m^3fub	14,0		13,0	
Skotningsprestation, m^3fub/G_{15}-tim	13,95	12,70	14,58	13,25
Kostnad för skotare, kr/G_{15}-tim	550	550	550	550
Skotningskostnad, kr/m^3fub	39,4	43,3	37,7	41,5
Drivningskostnad, kr/m^3fub	129,4	141,5	117,6	113,2
Drivningskostnader, kvarvarande bestånd 2004:				
Medelstamvolym, m^3fub	0,187	0,135	0,251	0,199
Avverkningsprestation, m^3fub/G_{15}-tim	14,49	11,53	17,68	15,17
Kostnad för skördare, kr/G_{15}-tim	870	870	870	870
Avverkningskostnad, kr/m^3fub	60,0	75,5	49,2	57,4
Skotningsprestation, m^3fub/G_{15}-tim	17,50	16,93	18,62	17,78
Kostnad för skotare, kr/G_{15}-tim	550	550	550	550
Skotningskostnad, kr/m^3ub	31,4	32,5	29,5	30,9
Drivningskostnad, kr/m^3fub	91,4	108,0	78,7	88,3

TIDIGARE REDOGÖRELSER FRÅN SKOGFORSK

2008

Nr 1 Furness-Lindén, A.: Affärsutveckling i relationen stor kund / liten leverantör – vad kan skogsbruket lära?

Nr 2 Simonsen, R. Rosvall, O. Gong, P: Lönsamhet för produktionshöjande skogsskötselåtgärder.

Nr 3 Ring, E. Löfgren, S. Sandin, L. Högbom, L.Goedkoop, W: Skogsbruk och vatten – en kunskapsöversikt.

2007

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

Nr 2 Brunberg, T.: Underlag för produktionsnorm för extra stora engreppsskördare i slutavverkning.

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.

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.

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 kortvikessystem – En systemanalys.

Nr 6 Thorsén, Å.: Mellanchefer i skogsbruket – arbetet i ”gränslandet” gentemot chefen.

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
www.skogforsk.se

© Skogforsk 2008
ISSN 1103-4580