



# FOLIA FORESTALIA

METSÄNTUTKIMUSLAITOS  
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE  
HELSINKI 1993

809

Risto Heikkilä, Arja Lilja & Sauli Härkönen

RAUDUSKOIVUNTAIMIEN TOIPUMINEN LATVAN  
KATKEAMISEN JÄLKEEN

Recovery of young *Betula pendula* trees after stem breakage

# FOLIA FORESTALIA

---

## **Julkaisija — *Publisher***

Metsäntutkimuslaitos  
*The Finnish Forest Research Institute*

## **Toimitus — *Editors***

Päätoimittaja — <i>Editor in chief:</i>	Erkki Annila
Toimittaja — <i>Editor:</i>	Seppo Oja
Toimittaja — <i>Editor:</i>	Tommi Salonen

Unioninkatu 40 A, FIN-00170 Helsinki, Finland  
tel. +358-0-857 051, fax +358-0-625 308

## **Toimituskunta — *Editorial Board***

Erkki Annila (pj. — *chairman*), Pentti Hakkila, Seppo Kaunisto, Jari Kuuluvainen, Juha Lappi, Eino Mälkönen

## **Tavoitteet ja tarkoitus — *Aim and Scope***

Sarjassa julkaistaan tutkimuksia, tilastoja ja kirjallisuuskatsauksia, joilla on ensisijaisesti kotimaista merkitystä. Julkaisukielenä on kotimainen kieli, mutta julkaisut sisältävät englanninkielisen selosteen tärkeimmistä tutkimustuloksista.

*Folia Forestalia publishes research reports, statistics and literature reviews relevant to Finnish forestry.*

## **Tilaukset — *Subscriptions***

Tilaukset ja tiedustelut pyydetään osoittamaan Metsäntutkimuslaitoksen kirjastolle.  
*Subscriptions and orders for back issues should be addressed to the Library of the Institute.*

## FOLIA FORESTALIA 809

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1993

Risto Heikkilä, Arja Lilja &amp; Sauli Härkönen

RAUDUSKOIVUNTAIMIEN TOIPUMINEN LATVAN  
KATKEAMISEN JÄLKEENRecovery of young *Betula pendula* trees after stem breakage

Approved on 10.6.1993

## SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	3
2 AINEISTO JA MENETELMÄT .....	3
3 TULOKSET .....	4
4 TULOSTEN TARKASTELU JA PÄÄTELMÄT .....	7
KIRJALLISUUS .....	8
SUMMARY .....	10

Heikkilä, R., Lilja, A. & Härkönen, S. 1993. Rauduskoivuntaimien toipuminen latvan katkeamisen jälkeen. Summary: Recovery of young *Betula pendula* trees after stem breakage. Folia Forestalia 809. 10 p.

Rauduskoivun taimien toipumista tutkittiin kolmen vuoden kuluttua pääranan katkaisusta. Ylimmästä tai toiseksi ylimmästä latvakasvaimesta katkaistut taimet olivat kolmen vuoden kuluttua katkaisusta lähes yhtä pitkiä kuin katkaisemattomat taimet. Alemmat katkokset, joissa katkaisukohtaan läpimitta oli yli 10 mm, aiheuttivat jyrkkiä runkomutkia ja katkaisukohtaan kylestyminen oli puutteellista. Ylimmän kasvaimen kohdalla taimien läpimitta oli alle 8 mm ja tästä kohdasta taitettujen taimien mahdollisuus toipua on hyvä, sillä syntyneet mutkat olivat lieviä ja katkaisukohtaan olivat kylestyneet hyvin. Kaikista katkaisukohtaan 80 % oli värivikaisia. Kantasieniä, jotka saattavat aiheuttaa rusko- tai valkolahoa, todettiin n. 30 % näytteistä. Näytteistä, joissa värjäytymä oli levinnyt katkaisukohtaan runkoon eristettiin sinistäjäsieneä.

The recovery of silver birch (*Betula pendula* Roth) saplings three years after stem breaking was examined. The height of trees that had leader shoot breakage ( $\varnothing < 8$  mm) and those with previous year leader shoot breakage ( $\varnothing > 10$  mm) did not differ significantly from the unbroken trees. The angle of crookedness was stronger and wound healing weaker in breakages at the thicker parts. The stems of trees broken at leader shoot also showed angular growth, but the wound healing was good and recovery is likely. Wood discoloration occurred in over 80 % of the trees. Basidiomycotina fungi were isolated from 30 % of all samples. Stain fungi were also isolated from discolorations.

Keywords: *Betula pendula*, decay, discoloration, moose browsing, stem breakage, wood quality.  
FDC 48 + 176.1 *Betula pendula*.

Authors' address: The Finnish Forest Research Institute, Department of Forest Ecology, Rillitie 8–12, FIN-01301 Vantaa, Finland.

ISBN 951-40-1307-7  
ISSN 0015-5543

Tampere 1993. Tammer-Paino Oy

# 1 Johdanto

Hirvet käyttävät koivua ravintonaan kaikkina vuodenaikoina (Kangas 1949, Cederlund et al. 1980). Hirvi syö rauduskoivua yleisesti ja valintatilanteessa se syö sitä enemmän kuin hieskoivua (Danell et al. 1985). Hirvet katkovat kookkaitakin taimia, sillä ne syövät yleisesti latvaoksia, jotka ovat niiden ulottumattomissa ilman katkontaa (Heikkilä 1991). Ne katkovat taimia, vaikka ravintoa olisi lähettyvillä tarjolla muutenkin. Tapa on mahdollisesti perinnöllinen tai ainakin vasa oppii sen aikaisin (Telfer & Cairns 1978). Varsinkin alkusyksyllä syöminen sijasta saattaa olla kyseessä elinalueen merkitseminen latvoja katkaisemalla (Nygren 1979).

Koivun puolustusreaktiot mikrobeja vastaan ovat rajoittuneemmat kuin pihkaa erittävällä männyllä (Sheffer & Cowling 1966) ja koivu saa herkästi vaurioista värivikoja (Shigo & Shigo 1974) ja lahoa (Vuokila 1976). Tämä rajoittaa mm. koivun elävien oksien karsintaa (Raulo

1981). Koivun taimien pituuskasvu toipuu yleensä niin oksa- kuin rankavaurioistakin hyvin (Kangas 1949, Danell 1983, Heikkilä & Raulo 1987), mutta vaurioista leviävän värivian ja lahon yleisyydestä ja etenemisestä taimivaiheessa ei ole tietoa. Myöskään sitä, millaisia runkomutkia katkonat aiheuttavat ja miten vauriot vaikuttavat puiden laatuun ei ole aikaisemmin selvitetty. Männyllä tiedetään pääverson katkeamisen toistuvasti tai latvakasvainta alemmaa alentavan puusta saatavan sahatavaran laatua (Löyttyniemi 1983, Heikkilä & Löyttyniemi 1992).

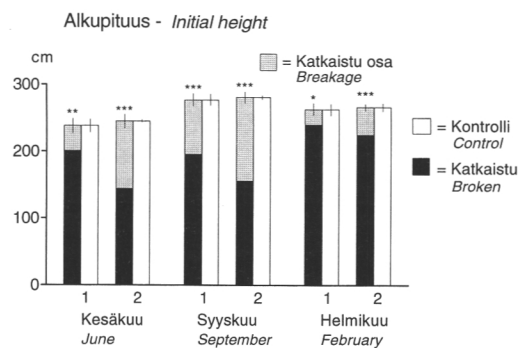
Tässä työssä selvitettiin rungon katkeamisen vaikutusta koivun taimien kasvuun ja laatuun jäljittelemällä hirven aiheuttamia taimivioituksia. Tekijät kiittävät arvokkaasta avusta tutkimuskohteen valinnassa ent. Oy Schauman Ab:n metsäosastoa sekä kokeen suunnittelussa FT Jyrki Rauloa.

## 2 Aineisto ja menetelmät

Koe perustettiin rauduskoivun (*Betula pendula* Roth) v. 1984 istutettuun taimikkoon, joka sijaitsi Äänekosken Liimattalassa (62°30'–62°45'N, 25°30'–26°30'E). Kesä- ja syyskuussa vuonna 1987 sekä helmikuussa vuonna 1988 katkaistiin latva joko ylimmästä latvakasvaimesta tai toiseksi ylimmästä kasvaimesta ja kullekin katkaistulle taimelle valittiin samankokoinen vertailutaimi vierestä. Käsitellyjä kokeessa oli näin ollen 12 ja taimimäärä yhdessä käsittelyssä oli 30. Katkaisukohtan läpimitta oli ylimmissä ohutläpimittaisissa taitoksissa alle 8 mm ja alemmissa paksuläpimittaisissa taitoksissa yli 10 mm.

Taimien (yhteensä 360 kpl) keskipituus kokeen alussa oli 260 ± 3 S.E. cm. Missään vertailuparissa eivät alkupituudet eronneet toisistaan merkitsevästi (kuva 1). Keskimääräinen viimeinen pituuskasvu ennen voitusta oli vioitetuissa taimissa 57 ± 1 S.E. cm ja vertailutaimissa 56 ± 1 S.E. cm. Katkonnassa jäljiteltiin hirven taitosta jättämällä katkaistu osa kiinni runkoon, ellei se käsin taitettaessa irronnut, kuten helposti tapahtui ylemmissä latvataitoksissa. Taimissa, joissa taitettiin ylin latvakasvain, verson paksuudet katkaisukohtaisissa olivat kesä-, syys- ja helmikuussa tehdyissä taitoksissa 4,6 ± 0,2 S.E. mm, 7,8 ± 0,3 S.E. mm ja 3,4 ± 0,2 S.E. mm. Vastaavat arvot alemmissä taitoksissa olivat 10,6 ± 0,3 S.E. mm, 13,4 ± 0,7 S.E. mm ja 10 ± 0,5 S.E. mm.

Keväällä 6.–10.5.91 mitattiin katkottujen ja katkomat-



Kuva 1. Eri ajankohtina katkaistujen ja katkaisemattomien (kontrolli) koivun taimien pituus ennen katkaisua ja katkaistun osan pituus. 1 = katkaisukohtan Ø < 8 mm, 2 = katkaisukohtan Ø > 10 mm. Viivat pylväiden päissä kuvaavat pituuden keskiarvon keskivirhettä. Tähdet kuvaavat tilastollista eroa pituudessa katkaistun ja katkaisemattoman taimiparin välillä. Riskitaso: \* = p < 0.05, \*\* = p < 0.01, \*\*\* = p < 0.001.

Figure 1. Height of broken and control birch saplings before the breakage at different times of year and the length of the breakages. 1 = breakage point Ø < 8 mm, 2 = breakage point Ø > 10 mm. Standard error of mean for the length values. Statistical significance for the length values between broken and unbroken pairs of saplings. Risk level: \* = p < 0.05, \*\* = p < 0.01, \*\*\* = p < 0.001.

tomien taimien pituus, rinnankorkeusläpimitta, pituuden lisäys ja kasvu 1990. Syksyllä 9.–11.10.91 mitattiin katkottujen taimien mutkaisuus. Lisäksi otettiin kymmenestä kunkin ajankohtana katkotusta puusta n. 30 cm runkopala, jossa katkaisukohta oli näytteen puolivälissä. Näistä arvioitiin vaurion kylestyminen katkaisukohdassa ja mitattiin värivian eteneminen halkaistuissa näytteissä. Samoista näytepaloista tutkittiin myös sienten esiintyminen.

Mutkakulman (päärangan vaihdoksesta aiheutuneen mutkan suurin kulmapoikkeama suoraan rankaan verrattuna) mittauksessa käytettiin luokitusta <22.5°, 22.5–30°, 30–45° ja >45°. Katkaisukohdan kylestyminen luokiteltiin seuraavasti: 1 = hyvä (umpeutunut), 2 = kohtalainen (osittain umpeutunut) ja 3 = huono (suurimmaksi osaksi avonainen). Värivian eteneminen rungossa katkaisukohdasta alaspäin luokiteltiin seuraavasti: ei värivikaa, edennyt < 5 cm, edennyt 5–10 cm ja edennyt > 10 cm.

Sienieristyksiä varten jokaisesta näytteestä otettiin 9

lastua (25 mm<sup>2</sup>), kolme vian yläreunasta, kolme keskeltä ja kolme alareunasta. Kasvatusalustana oli 2 % mallasagar (Difco), johon oli lisätty penisilliiniä ja streptomysiiniä 30 mg/l. Kasvatuslämpötila oli +20° ± 2°C. Kantasienten määritys perustui rihmaston rakenteeseen. Lisäksi testattiin kantasienten lakkaasi- ja tyrosinaasituotto (Käärik 1965). Kotelo- ja vaillinaisniet määritettiin suvullisten ja suvuttomien asteiden morfologian perusteella (Ellis 1971, 1976, Upadhyay 1981).

Hirvet olivat katkoneet alueella olevia taimia kokeen perustamisen jälkeen. Myös niistä otettiin näytteet vastaavalla tavalla ja tehtiin katkaisukohdista samat tarkastukset ja sienieristykset kuin keinollisesti katkotuista taimista. Näytteeksi valittiin taimet, joista 10 katkaisukohdan läpimitta oli alle 8 mm ja 10 yli 13 mm.

Tilastollisessa testauksessa käytettiin BMDP-ohjelmiston Student t-testiä alku- ja loppupituuksien ja pituuden lisäyksen testauksessa ja Pearson Chisquare-testiä kylestymisen ja värivian etenemisen vertailussa.

### 3 Tulokset

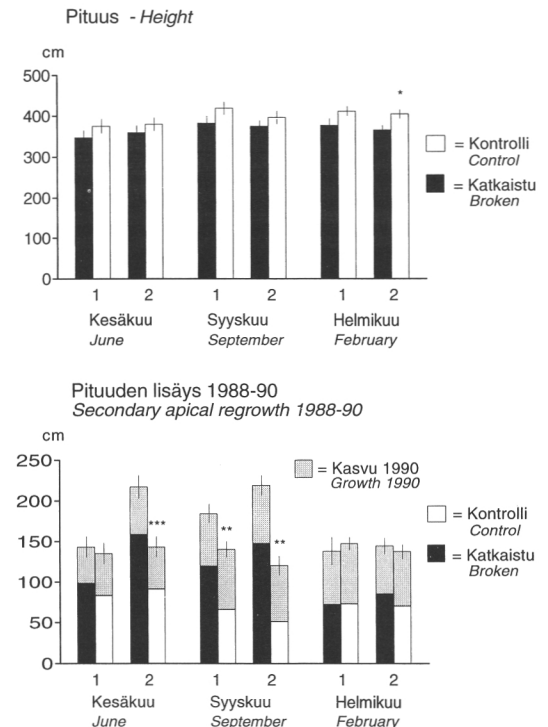
#### Keinollinen katkenta

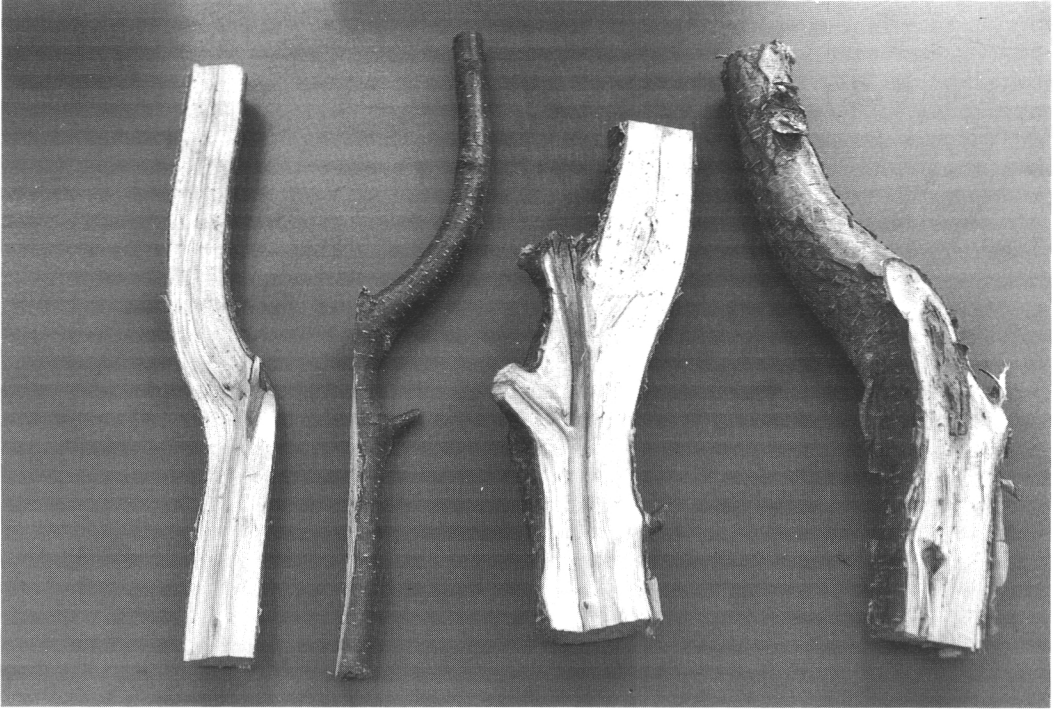
Mittausta edeltävän kesän pituuskasvut eivät yleensä eronneet toisistaan merkitsevästi (kuva 2), vaikka kolmen vuoden kuluttua katkonnasta vioittamattomat taimet (pituus 398 ± 6 S. E. cm.) olivat keskimäärin n. 30 cm pidempiä kuin katkotut taimet (pituus 368 ± 7 S. E. cm.). Ainoastaan latvan katkaiseminen helmikuussa toiseksi ylimmästä kasvaimesta vähensi pituuskehitystä merkitsevästi (p < 0.05) (kuva 2). Katkonnan jälkeinen pituuskasvu oli kesäkuussa alemman kasvaimen kohdalta katkotuilla taimilla ja syyskuussa sekä alemman että ylemmän kasvaimen

kohdalta katkotuilla taimilla voimakkaampaa kuin katkomattomilla vertailupareilla (kuva 2). Rinnankorkeusläpimitat eivät poikenneet katkottujen (30 ± 1 S. E. mm) ja katkomattomien (32 ± 1 S. E. mm) koivujen välillä (p = 0.12).

Kuva 2. Eri ajankohtina katkaistujen ja vertailutaimien pituus keväällä v. 1991 ennen kasvun alkua ja pituuskehitys v. 1988–90 sekä kasvu vuonna 1990. 1 = katkaisukohdan Ø < 8 mm, 2 = katkaisukohdan Ø > 10 mm. Viivat pylväiden päissä kuvaavat pituuden ja pituuden lisäyksen keskiarvon keskivirhettä. Tähdet kuvaavat tilastollista eroa pituudessa ja pituuden lisäyksessä katkaistun ja katkaisemattoman taimiparin välillä.

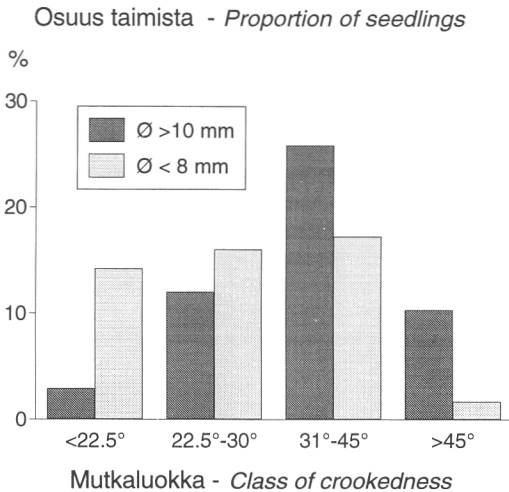
Figure 2. Length of trees broken at different times of year and control trees in spring 1991 before growth, secondary apical regrowth in 1988–90 and annual growth in 1990. 1 = breakage point Ø < 8 mm, 2 = breakage point Ø > 10 mm. Standard error of mean for the length and for the secondary apical re-growth. Statistical significance for the differences between the length and the secondary apical re-growth of broken and unbroken sapling pairs.





Kuva 3. Rungon halkileikkaus kolmen vuoden kuluttua latvan katkaisemisesta. Vasemmalla katkaisu ylimmästä, oikealla toiseksi ylimmästä vuosikasvaimesta.

Figure 3. Diagonal section of the main stem three years after breakage. Left: breakage of the current leader shoot, right: breakage of the previous year leader shoot.



Kuva 4. Katkonnan jälkeen syntyneen mutkakuilman riippuvuus katkaisukohtan läpimitasta.

Figure 4. The relationship between grain angle after breaking and the diameter of the breakage point.

Myös ylimmän latvakasvaimen katkaisu johti ranganvaihtoon, mutta siitä aiheutuvat mutkat olivat lieviä. Taittaminen alemmaa johti sen sijaan jyrkkiin runkomutkiin, sillä yli 50 % taitoksista mutkakulma oli yli 30° ja 20 % se oli yli 45° (kuvat 3 ja 4). Osaan taitoskohtia muodostui muita oksia paksumpi nk. poikaoksa.

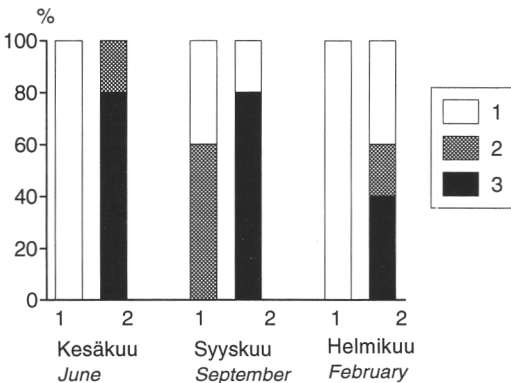
Vauriokohdat kylestyivät huomattavasti alemmissa taitoksissa, joissa katkaisukohtan läpimita oli yli 10 mm, kuin ylemmissä ohutläpimittaisissa (Ø < 8 mm) taitoksissa (kuva 5). Niistä eristettiin myös enemmän sinistäjäseniä ja kantasiäniä (taulukko 1), ja myös sinistyminen oli edennyt niissä pidemmälle kuin samana ajankohtana tehdyissä ohutläpimittaisissa katkoksisissa (kuva 6).

Sinistymisen leviäminen oli syyskuussa tehdyissä katkoksisissa voimakkainta (kuva 6). Tämä ero oli kuitenkin tilastollinen vain syyskuussa ja helmikuussa tehtyjen ylempien latvataitosten välillä (p < 0.05). Yleensä väriavika oli edennyt katkaisukohtasta alaspäin katkaistun rangan paksuudelta, mutta se ei ollut levinnyt jälkeensä kasvaneeseen puuainekseen.

Taulukko 1. Katkannon jälkeisissä vaurioissa tavatut kantasienet ja sinistäjäsienet. Erityyppiset kantasieni-isolaatit on merkitty kirjain ja numero symbolein.

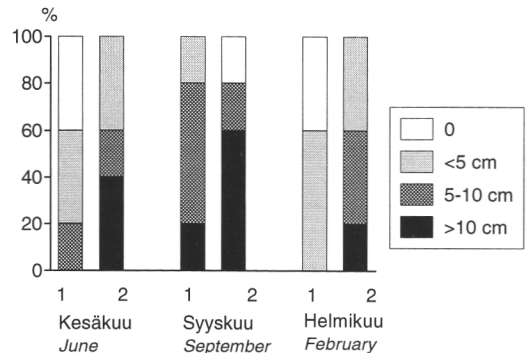
Table 1. Basidiomycotina and stain fungi isolated from defects after artificial stem breakages. Different type Basidiomycotina-isolates are marked with letter and number symbols.

Katkaisu- ajankohta Date of breakage	Värjäytymä levinnyt cm Spread of stain mm	Katkaisukohtan Ø Ø of breakage point < 8 mm		Katkaisukohtan Ø Ø of breakage point > 10 mm	
		Kantasieni Basidiomycotina	Sinistäjäsieniä Stain fungi	Kantasieni Basidiomycotina	Sinistäjäsieniä Stain fungi
Kesäkuu June	0				
	< 5	B1		B5	
	5–10				
	> 10	B1	<i>Ceratocystis minor</i>	B2	<i>Ceratocystis</i> sp., <i>Graphium</i> sp., <i>Rhinoctadiella mansonii</i>
Syyskuu September	0				
	< 5	B1			
	5–10	B6	<i>Ceratocystis</i> sp.		
	> 10		<i>C. minor</i>	B4	<i>C. minor</i> , <i>C. pilifera</i> , <i>Graphium</i> sp.
Helmikuu February	0				
	< 5		<i>Ceratocystis</i> sp.	B5	<i>Ceratocystis</i> sp.
	5–10				
	> 10			B2	



Kuva 5. Katkaisukohtan kylestymisaste eri katkenta-ajan-kohtina. 1 = katkaisukohtan Ø < 8 mm, 2 = katkaisukohtan Ø > 10 mm. Kylestymisasteen luokitus: 1 = hyvä (umpeutunut), 2 = kohtalainen (osittain umpeutunut), 3 = huono (suurimmaksi osaksi avonainen). Ero katkaisukohtien välillä merkitsevä (Pearson Chisquare 15.6, df = 4, p < 0.001, n = 30).

Figure 5. Wound healing of defects at breakages made at different times of year. 1 = breakage point Ø < 8 mm, 2 = breakage point Ø > 10 mm. The degree of wound healing: 1 = good (healed), 2 = moderate (partly healed), 3 = poor (most part open). The effect of diameter of breakage point was significant (Pearson Chisquare 15.6, df = 4, n = 30).



Kuva 6. Väriävän leviäminen katkaisukohtasta eri ajan-kohtina. 1 = katkaisukohtan Ø < 8 mm, 2 = katkaisukohtan Ø > 10 mm. Ero katkaisukohtien välillä merkitsevä (Pearson Chisquare 18.4, df = 6, p < 0.01, n = 30).

Figure 6. Spread of the discoloration from the breakage injury made at different times of year. 1 = of breakage point Ø < 8 mm, 2 = of breakage point Ø > 10 mm. The effect of diameter of breakage point was significant (Pearson Chisquare 18.4, df = 6, p < 0.001, n = 30).

Sinistäjäsieniä esiintyi neljässä ylemmässä ja kahdeksassa alemmässä väriävällisessä taitoksessa (taulukko 1). *Ceratocystis minor* (Hedgc.) Hunt ja *Ceratocystis* sp. tavattiin molemmista taitostyypeistä. *C. pilifera* (Fr.) C. Moreau, *Graphium* sp., ja *Rhinoctadiella mansonii* (Castell.) Schol-Schwartz eristettiin vain alemmista taitoksista.

Taulukko 2. Hirven taitosten vaurioissa tavatut kantasienet ja sinistäjäisienet. Erityyppiset kantasieni-isolaatit on merkitty kirjain ja numero symbolein.

Table 2. Basidiomycotina and stain fungi isolated from defects after stem breakages by moose. Different type Basidiomycotina-isolates are marked with letter and number symbols.

Värjäytymä levinnyt mm Spread of stain mm	Katkaisukohdan Ø Ø of breakage point < 8 mm		Katkaisukohdan Ø Ø of breakage point > 13 mm	
	Kantasieni Basidiomycotina	Sinistäjäisienä Stain fungi	Kantasieni Basidiomycotina	Sinistäjäisienä Stain fungi
> 10		<i>Leptographium</i> sp. <i>Rhinocladiella</i> <i>mansonii</i>	B5 B9	<i>Ceratocystis</i> sp. <i>C. pilifera</i> <i>Graphium</i> sp.

Samasta katkaisukohdasta saattoi tulla useampaa sinistäjääsentä. Muut sienilajit paitsi *Ceratocystis* sp. esiintyivät taitoksissa, joissa värivika oli levinnyt yli 10 cm. Tämä sieni oli myös ainoa sinistäjäseniä, jota saatiin helmikuussa tehdyistä katkonnoista. *Godronia multispora* Groves esiintyi yhdessä taimessa kummassakin taitostyyppissä.

Värikkäisissä vaurioissa esiintyi myös lahoa aiheuttavia kantasieniä. Neljässä ylemmässä ohutläpimittaisessa taitoksessa todettiin kantasieniä. Toinen eristetty laji (B6) tuotti lakkaasia ja toinen (B1) sekä lakkaasia että tyrosinaasia. Kuudesta, huonosti kylestyneestä paksuläpimittaisesta vauriosta saatiin kolmen tyyppisiä kantasieniä. Yksi (B2) teki kaksoissinkilöitä ja tuotti tyrosinaasia, toinen (B5) tuotti lakkaasia ja kolmas (B4), jolla oli heikot lakkaasi- ja tyrosinaasireaktiot muodosti kystidejä, jotka ovat tyypillisiä *Peniophora*-suvun sienille (taulukko 1). Samasta näytteestä otetuista eristyspaloista saatiin yleensä samoja sieniä.

## Hirven katkonnat

Hirven taitoksen seuraukset olivat samanlaiset kuin keinollisissa katkonnoissa. Paksuläpimittaisen (Ø 17.2 ± 1 S.E. mm) taitosten seurauksena syntyi jyrkkiä yli 30° mutkakulmia. Kaikki nämä taitokset olivat avoimia tarkastusajankohtana. Kaikki eristetyt sienet todettiin kohdista, joissa sinistymisen oli levinnyt vauriokohdasta alaspäin yli 10 cm. Eristetyt sinistäjäisienet olivat *Ceratocystis* sp., *C. pilifera* ja *Graphium* sp. Kolmessa taimessa todettiin lisäksi lakkaasia tuottavia kantasieniä (B5 ja B9) ja kahdessa taimessa *Godronia multispora*.

Ohutläpimittaisista latvataitoksista (Ø 4.5 ± 0.3 S.E. mm) kantasieniä ei saatu ja yhdestä värjäytyneestä vauriosta tavattiin sinistäjäisienet *Leptographium* sp. ja *Rhinocladiella mansonii* (taulukko 2).

## 4 Tulosten tarkastelu ja päätelmät

Koivun verrattain hyvää eloonjäämiskykyä ja pituuskasvun elpymistä toistuvienkin hirvituhojen jälkeen on korostettu (Kangas 1949). Danell (1983) mainitsee hirven katkomien koivujen, etenkin rauduskoivun tuottavan entistä pidempiä kasvaimia. Myös keinovioitetuissa koivuissa on todettu katkontaa seuraavina 1–3 vuotena pituuskasvun lisääntyneen (Bergström & Danell 1987). Tässä tutkimuksessa korvaava pituuskasvu tapahtui kahden katkonnan jälkeisen vuoden aikana, sillä kolmantena vuotena eivät pituuskasvut katkottujen ja katkomattomien taimien välillä eronneet toisistaan merkittävästi. On kuitenkin huomioitava, että päärangaksi muuttuva sivuoksa saattoi jo alussa ylittää katkaisukohdan.

Katkaisukohdan läpimitan kasvaessa vaurioiden kylestyminen huononi ja värikkäisyys lisääntyi. Myös katkaisun jälkeen syntyvän runkomutkan jyrkkyys kasvoi katkaisuläpimitan ylittäessä 1 cm. Tulos on samansuuntainen kuin männällä vastaavassa kokeessa (Heikkilä & Löytyniemi 1992). Yli puolessa keinollisesti katkoetuissa puissa mutkakulma oli suurempi kuin 30°. Hirven katkaisemissa taimissa kaikki latvakasvainta alemmat katkonnat johtivat suurempaan kuin 30° mutkakulmaan ja katkaisupinnat olivat kylestymättömiä tarkastusajankohtana.

Noin 30 % keinollisesti katkaistuissa ja hirvien katkomissa puissa esiintyi kantasieniä, jotka aiheuttavat mahdollisesti jatkossa puiden laho-

amista. Juutisen ym. (1976) mukaan yksi- ja kaksivuotiailla koivun taimilla laikkutautia aiheuttavia sieniä pääsi kuoren solukkoon kaskaan tekemien vioitusten kautta, mutta kantasieniä näistä vaurioista ei tavattu.

Puuta suojaavan pinnan vaurioituuessa puu yrittää suojaautua mikrobeilta muodostamalla rakenteellisia esteitä ja tuottamalla mikrobeille haitallisia aineita kuten esim. fenoleita ja happiradiikaaleja (Shain 1979, Biggs 1987, Pearce 1990, 1991, Schmitt & Liese 1991, Sutherland 1991). Voimakkaimmillaan puolustusreaktiot ovat kasvukauden aikana (Kurkela 1974, Dujesiefken & Liese 1990). Raulon (1981) mukaan lepoaikana karsitut rauduskoivut saivat voimakkaimman värivian. Tässä kokeessa värivika oli levinnyt eniten syyskuussa katkotuissa puissa.

Puuaineksen värjäytyminen voi johtua paitsi mikrobeista myös puun puolustusreaktioista (Trockenbrodt & Liese 1991). Tässä työssä sinistäjäseniä esiintyi kaikissa kesä- ja syyskuussa tehdyissä katkoksissa, joissa värivika oli levinnyt runkoon yli 10 cm ja 80 % kaikista näytteistä, joissa vauriokohta oli värjäytynyt. Todeista sinistäjäsenilajeista *Ceratocystis pilifera*, jota on aiemmin eristetty koivulta (Käärrik 1980, Upadhyay 1981), aiheuttaa nopeasti leviävää sinistymistä (Käärrik 1980).

Muutamasta taimesta tavattiin myös *Godronia multispora*. Kurkelan (1974) tutkimuksessa tämä sienilaji teki koivun runkoon koroja, joista sieni pystyttiin eristämään vielä kahden vuoden kuluttua ympäryksestä. Nuorten puiden puolustusreaktiot estivät kuitenkin sienien leviämisen koroa laajemmalle (Kurkela 1974).

Puun rakenne antaa sienille paremmat mahdollisuudet edetä pituus- kuin sivusuunnassa. (Rayner & Boddy 1988). Koepuissa värivika rajoittui katkaistun rungon osalle eikä se ollut levinnyt sen jälkeen syntyneeseen puuhun. Alkukehitys viittasi vikojen jäämiseen lähinnä run-

gon sisimpään osaan. Tulos on sama kuin Vuokilan (1976) kokeessa, jossa seurattiin kairaus-ten vaikutusta koivun vikaisuuteen. Lahovika ei ollut levinnyt myöhemmin syntyneisiin vuosi- renkaisiin, vaikkakin se oli levinnyt kymmenes- sä vuodessa pystysuunnassa 8–10 m. Karsittujen koivujen oksakohdista värivian tiedetään etene- vän vanhempaan puuosaan oksan ylä- ja alapuo- lella (Heiskanen 1958). Raulon (henk. koht. tied.) mukaan vika voi pitkän ajan kuluessa levitä myös sivusuunnassa uuteen, oksan kylestäneeseen puu- osaan.

Kokeessa olleiden koivun taimien kehitystä ei voida tarkkaan ennakoida. Pituuskasvuun katkonnoilla ei ollut olennaista vaikutusta. Latva- kasvaimesta katkotut taimet kylestyivät hyvin ja ovat edelleen kehityskelpoisia. Sen sijaan kolmi- metristen taimien toipuminen kasvatuskelpoisiksi silloin, kun runko on katkennut latvakasvaimen alapuolelta on kyseenalaista voimakkaiden mut- kien ja huonon kylestymisen takia. Suuri mutka- kulma alentaa laatua etenkin, jos mutka jää py- syvästi näkyviin tukkiosaan. Tukin sisään jäävä mutka johtaa puusyvien kulmapoikkeamaan, joka vähentää sahatavaran laatua, kuten myös katken- neen rangan tynkä (Panshin & Zeeuw 1980). Vaneriksi käytettävässä puutavarassa tukin sis- äisten vikojen merkitys riippuu olennaisesti ni- den etäisyydestä puun pinnasta (Heiskanen 1966). Lähellä puun pintaa olevat väri- tai lahoviat ai- heuttavat saannon pienemistä vanerin valmis- tuksessa, kun purilaan läpimittaa joudutaan suu- rentamaan. Pehmeä sydänlaho voi vaikeuttaa sor- vausta. Sisäisten mutkien merkitys on vanerin teossa vähäisempää kuin sahatavarassa.

Todennäköinen seuraus taimivaiheen kerta- luonteisesta katkonnasta on puun sisäisten viko- jen lisääntyminen. Jos taimikot joutuvat toistuvi- en vioitusten kohteeksi, runkoviat ja latvuston pensastuminen saattavat tehdä ne kasvatuskel- vottomiksi.

## Kirjallisuus — References

- Bergström, R. & Danell, K. 1987. Effects of simulated winter browsing by moose on morphology and bio- mass of two birch species. *Journal of Ecology* 75: 533–544.
- Biggs, A. R. 1987. Occurrence and location of suberin in wound reaction zones in xylem of 17 tree species. *Phytopathology* 77(5): 818–825.
- Cederlund, G., Ljungqvist, H. & Markgren, G. 1980. Foods of moose and roe-deer at Grimsö in Central Sweden — results of rumen content analyses. *Viltre- vy* 11(4): 168–247.
- Danell, K. 1983. Shoot growth of *Betula pendula* and *B. pubescens* in relation to moose browsing. *Alces* 18: 197–209.
- , Huss-Danell, K. & Bergström, R. 1985. Interaction between browsing moose and two species of birch in Sweden. *Ecology* 66(6): 1867–1878.
- Dujesiefken, D. & Liese, W. 1990. Einfluss der Verlet- zungszeit auf die Wundheilung bei Buche (*Fagus sylvaticus*). Summary: Influence of the season of injury on wound healing in beech (*Fagus sylvaticus*). *Holz als Roh und Werkstoff* 48(3): 95–99.

- Ellis, M. 1971. Dematiaceous Hyphomycetes. Commonwealth Mycological Institute. Kew, Surrey. 608 s.
- 1976. More Dematiaceous Hyphomycetes. Commonwealth Mycological Institute. Kew, Surrey. 507 s.
- Heikkilä, R. 1991. Moose browsing in a Scots pine plantation mixed with deciduous tree species. *Acta Forestalia Fennica* 224. 13 s.
- & Löyttyniemi, K. 1992. The effect of simulated moose damage on young Scots pines. *Silva Fennica* 26(1): 19–26.
- & Raulo, J. 1987. Hirvituhot vuosina 1976–77 istutetuissa rauduskoivun taimikoissa. Summary: Moose damage in plantations of *Betula pendula* established in 1976–77. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 261. 16 s.
- Heiskanen, V. 1958. Tutkimuksia koivun karsimisesta. Summary: Studies on pruning of birch. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 49(3): 1–68.
- 1966. Tutkimuksia koivujen vikaisuuksista, niiden vaikutuksesta sorvaustulokseen sekä niiden huomiointamisesta laatuluokituksessa. Summary: Studies on the defects of birch, their influence on the quality and quantity of rotary cut veneer, and their consideration in veneer birch grading. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 80. 128 s.
- Juutinen, P., Kurkela, T. & Lilja, S. 1976. Ruohokaskas, *Cicadella viridis* (L.) lehtipuun taimien vioittajana sekä vioitusten sienisaastunta. Summary: *Cicadella viridis* (L.) as a wounder of hardwood saplings and infection of wounds by pathogenic fungi. *Folia Forestalia* 284. 12 s.
- Kangas, E. 1949. Hirven metsässä aikaansaamat tuhot ja niiden metsätaloudellinen merkitys. Summary: On the damage to the forests caused by moose and its significance in the economy of the forests. *Suomen Riista* 4: 62–90.
- Kurkela, T. 1974. *Godronia multispora* Groves (*Helotiales*) and its pathogenicity to *Betula verrucosa* Ehr. and *B. pubescens* Ehr. *Karstenia* 14: 33–45.
- Käärik, A. 1965. The identification of mycelia of wood-decay fungi by their oxidation reactions with phenolic compounds. *Studia Forestalia Suecica* 31. 31 s.
- 1980. Fungi causing sap stain in wood. Rapport nr 114. Institutionen för Virkeslära. Sveriges Lantbrukshögskolan. 122 s.
- Löyttyniemi, K. 1983. Männyn taimen kehitys latvan katkeamisen jälkeen. Summary: Recovery of young Scots pines from stem breakage. *Folia Forestalia* 560. 11 s.
- Nygren, K. 1979. Hirvi. Tapiola 1. Weilin+Göös, Espoo. s. 150–175.
- Panshin, A.J. & de Zeeuw, C. 1980. Textbook of wood technology. s. 286–293.
- Pearce, R. B. 1990. Occurrence of decay-associated xylem suberization in a range of woody species. *European Journal of Forest Pathology* 20: 275–289.
- 1991. Reaction zone relicts and the dynamics of fungal spread in the xylem of woody angiosperms. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 39: 41–55.
- Raulo, J. 1981. Koivukirja. Gummerus. s. 86–90.
- Rayner, A.D.M. & Boddy, L. 1988. Fungal decomposition of wood. John Wiley & Sons. Chichester. s. 346–349.
- Scheffer, T. C. & Cowling, E. B. 1966. Natural resistance of wood to microbial deterioration. *Annual Review of Phytopathology* 4: 147–170.
- Schmitt, U. & Liese, W. 1991. Suberin in wound reaction parenchyma of birch xylem (*Betula pendula* Roth): An electron microscopy study. *Holzforschung* 45: 313–315.
- Shain, L. 1979. Dynamic responses of differentiated sapwood to injury and infection. *Phytopathology* 69(10): 1143–1147.
- Shigo & Shigo, A. 1974. Detection of discoloration and decay in living trees and utility poles. USDA Forest Services Research Papers NE-294. 11 s.
- Sutherland, M. W. 1991. The generation of oxygen radicals during host plant responses to infection. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 39: 79–93.
- Telfer, E.S. & Cairns, A. 1978. Stem breakage by moose. *Journal of Wildlife Management* 42(3): 639–643.
- Trockenbrodt, M. & Liese, W. 1991. Investigations on wound reaction in the bark of *Populus tremula* L. and *Platanus -x-acerifolia*. *Ait. Willd. Angewandte Botanik*, 65,3–4: 279–287.
- Upadhyay, H. 1981. A monograph of *Ceratocystis* and *Ceratomyces*. University Georgia Press. Athens. 176 s.
- Vuokila, Y. 1976. Pystypuun kairaus vikojen aiheuttajana. Summary: Boring of standing trees as a source of defects. *Folia Forestalia* 282. 11 s.

*Total of 34 references*

## Summary

### Recovery of young *Betula pendula* trees after stem breakage

#### Introduction

Moose browsing on young birch occurs throughout the year and thereby the risk of damage especially to silver birch saplings is great (Kangas 1949, Danell et al. 1985). However, good subsequent recovery, in terms of re-growth, has been reported in trees (Kangas 1949, Danell 1983, Heikkilä & Raulo 1987). In order to access and feed on the young succulent twigs of the crown, moose often break down the main stem of the saplings (Telfer & Cairns 1978, Nygren 1979, Heikkilä 1991). Crooked or deformed re-growth resulting from the stem breakages has been reported to reduce the value of Scots pine saw timber (Löyttyniemi 1983, Heikkilä & Löyttyniemi 1992).

The aim of the study was to investigate the effects of breakage on growth and development of young silver birch trees.

#### Material and methods

The experiment was established in a three year-old silver birch plantation where the current or previous year leader shoots of 30 saplings were manually broken by hand in June, September (1987) and February (1988). The height, secondary apical re-growth and the angle of re-growth in relation to the main stem were measured three years after the treatments. A sample was also taken to determine the extent of wound healing, discoloration, decay and the stain fungi present by systematically cutting-off the re-growth at the of breakage point from trees of each treatment.

Additional samples were also taken from saplings in the experimental area that were broken as a result of moose browsing after the experiment was established.

#### Results and discussion

The ability of silver birch to recover from moose damage has been reported to be good, at least in relation to the growth development (Kangas 1949, Danell 1983, Bergström & Danell 1987). In the present study the height of artificially broken trees did not differ greatly from the control trees. In general, the experimentally broken trees showed good growth development during the first two years after the treatments and only the trees with previous year leader shoot breakages made in February were smaller than the untreated trees ( $p < 0.05$ ) (Figure 2). Breakages to the previous year leader shoot led to greater

angled stem re-growth compared to that of the current leader shoot breakages (Figure 3 and 4). The wound healing was poor and there was strong discoloration in these thicker stem breakages with a diameter over 1 cm (Figure 5). The stem diameter of trees broken by moose was over 1 cm and the breakages led to angled stem re-growth, but the spread of discoloration from these defects was not very advanced probably due to their young age.

The angled stem re-growth in this study was relatively large compared to main stem cuttings on Scots pine (Heikkilä & Löyttyniemi 1992). The quality of saw timber from stems with earlier damage of the type described is generally reduced (Panish & Zeeuw 1980). The importance of inner defects in logs, such as discoloration and decay, depends greatly on their distance from the wood surface, when turning the logs for veneer (Heiskanen 1966).

In total, 83 % of the sample trees in this study were discolored. Injuries to the wood commonly become discolored, partly due to the defence mechanisms of trees (Trockenbrodt & Liese 1991). In this study the stain fungi were isolated from discoloured parts of the wood (table 1). The stain fungus *Ceratocystis minor* (Hedgc.) Hunt was isolated only from artificial breakages whilst *C. pilifera*, (Fr.) C. Moreau, *Ceratocystis* sp., *Graphium* sp. and *Rhinoctadiella mansonii* (Castell) Schol-Schwarz were additionally isolated from breakages caused by moose (table 2). Most of stain fungi were isolated from discolorations that had spread over 10 cm.

The timing of pruning has been reported to affect the intensity of the discoloration. Here discoloration in the September breakages spread rapidly through the stems (figure 6). The discoloration in all defects tended to spread downwards, but only in the area of the broken former main stem. Thus it was possible, that the defect would remain in the innermost part of the stem, depending on the reaction of the sapwood.

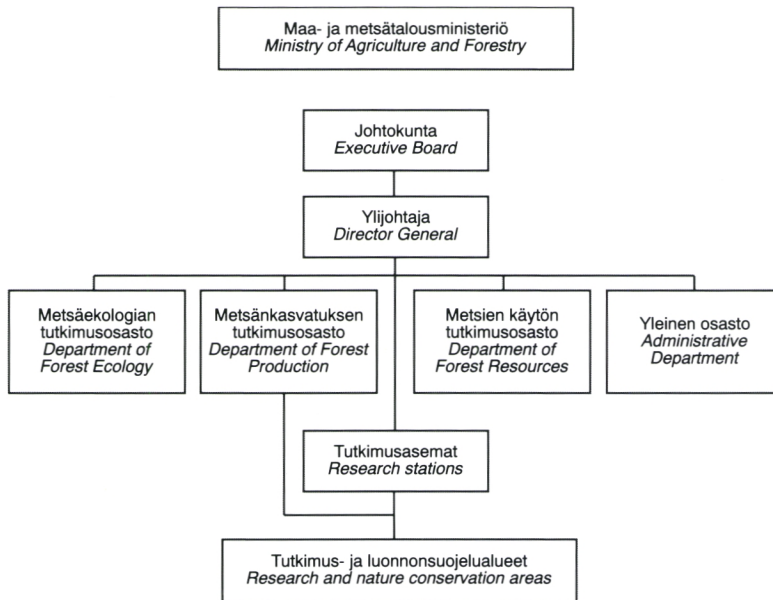
It was also possible to isolate some Basidiomycotina fungi from injured stems. *Godronia multispora* Groves, that causes cankers in birch, was isolated from two samples of artificially broken trees and from two breakages by mooses.

A large proportion of the defects, especially those on the upper shoots, are likely to remain mainly in the inner part of the stem. The spread of discoloration and possible decay cannot be more accurately determined until e.g. after the first thinning cutting. The overall effect of the stem breakages on the quality of the logs used as raw material for saw timber or veneer can only be determined after a longer growth period.





METSÄNTUTKIMUSLAITOS — *THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE*



**Metsäntutkimuslaitos — *The Finnish Forest Research Institute***

Unioninkatu 40 A, FIN-00170 Helsinki, Finland

tel. +358-0-857 051, fax +358-0-625 308, telex 121298 metla sf

Ylijohtaja — *Director General*

Eljas Pohtila

Hallintojohtaja — *Administrative Director*

Tero Oksa

Tiedotuspäällikkö — *Head of Information*

Marja Ruutu

**Metsäekologian tutkimusosasto — *Department of Forest Ecology***

Tutkimusjohtaja — *Research Director* Eero Paavilainen

**Metsänkasvatuksen tutkimusosasto — *Department of Forest Production***

Tutkimusjohtaja — *Research Director* Jari Parviainen

**Metsien käytön tutkimusosasto — *Department of Forest Resources***

Tutkimusjohtaja — *Research Director* Risto Seppälä

**Tutkimusasemat — *Research Stations***

Joensuu

Parkano

Kannus

Punkaharju

Kolari

Rovaniemi

Muhos

Suonenjoki



- No 798 Ollonqvist, Pekka & Kajanus, Miika: Metsänomistajan taloudellisten tavoitteiden merkitys metsänuudistamistavan valinnassa.  
Significance of private forest owners' economic goals in the forest stand regeneration decision.
- No 799 Penttinen, Markku: Tulos- ja kustannuslaskentamallien soveltuvuus yhteismetsätalouteen.  
Applicability of profit and cost accounting models to jointly-owned forests.
- No 800 Pesonen, Mauno & Hirvelä, Hannu: Liiketaloudelliset harvennusmallit Etelä-Suomessa.  
Thinning models based on profitability calculations for southern Finland.
- No 801 Mäkinen, Harri & Uusvaara, Olli: Lannoituksen vaikutus männyn oksikuuteen ja puuaineen laatuun.  
Effect of fertilization on the branchiness and the wood quality of Scots pine.
- 1993
- No 802 Pesonen, Mauno, Jämsä, Jari & Hirvelä, Hannu: Harvennushakkuiden edullisuusvertailu metsälötasolla.  
Profitability comparisons of thinnings at the forest holding level.
- No 803 Hakkila, Pentti & Kalaja, Hannu: Ketjukarsinta ensiharvennusmännikön korjuuratkaisuna.  
Flail delimiting in the first commercial thinning of Scots pine.
- No 804 Saarilahti, Martti: Mikroaaltosondin soveltuvuus hakekuorman käyttöarvon mittaukseen.  
Measuring of the chip load properties using microwave sounding.
- No 805 Salminen, Olli: Männikön ja kuusikon liiketaloudellinen vajaatuottoisuus.  
Profitability of growing understocked Scots pine and Norway spruce stands.
- No 806 Verkasalo, Erkki: Koivupuutavaran vikaantuminen pitkittyneessä metsävarastoinnissa ja sen vaikutus viulun saantoon, laatuun ja arvoon.  
Deterioration of birch timber during prolonged storage in the forest and its effect on the yield, quality and value of rotary-cut veneer.
- No 807 Rossi, Seppo, Varmola, Martti & Hyppönen, Mikko: Pellonmetsitysten onnistuminen Lapissa.  
Success of afforestation of old fields in Finnish Lapland.
- No 808 Juntunen, Marja-Liisa & Suomäki, Hanna-Leena: Ikääntyvät metsäkoneyrittäjät ja hakkuun koneellistuminen.  
Aging forest machine contractors and the mechanization of wood harvesting.
- No 809 Heikkilä, Risto, Lilja, Arja & Härkönen, Sauli: Rauduskoivuntaimien toipuminen latvan katkeamisen jälkeen.  
Recovery of young *Betula pendula* trees after stem breakage.