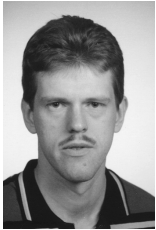




Erkki Verkasalo



Pauli Rintala

Erkki Verkasalo ja Pauli Rintala

Rauduskoivun pystykarsinta- vikojen riippuvuus oksien paksuu- desta, laadusta ja karsinnan vuodenajasta

Verkasalo, E. & Rintala, P. 1998. Rauduskoivun pystykarsintavikojen riippuvuus oksien paksuudesta, laadusta ja karsinnan vuodenajasta. *Metsätieteen aikakauskirja – Folia Forestalia* 2/1998: 151–178.

Pystykarsinta on tehokas keino lisätä oksattoman puun tuotosta koivulla ja kohottaa sen arvoa vaneri-, saha- ja huonekaluteollisuuden raaka-aineena. Toimenpide voi kuitenkin lisätä väri- ja lahovikoja. Eteläsuomalaisissa istutusrauduskoivikoissa tutkittiin voittumisriskin yhteyttä karsittavien oksien kokoon ja laatuun sekä karsintavuodenaikaan. Kolmen kokeen 480 rauduskoivusta tutkittiin noin 3 000 karsittua oksaa 4–12 vuoden kuluttua karsinnasta. Kaikki kuolleina karsitut oksat olivat kuorettomalta läpimitaltaan vain alle 10 mm, elävinä karsittuja oli aina 30 millimetriin asti.

Alle 10 mm:n oksien karsimiseen ei liittynyt väri- tai lahovikariskiä ja noin 70 % oksista oli kyljestynyt kokonaan 5–6 vuoden kuluttua karsinnasta. Yli 20 mm:n elävistä oksista oli kyljestynyt vain alle 20 %. Niistä levisi runsaasti väri- ja lahovikoja ympäröivään puuaineeseen, varsinkin rungon ytimen suuntaan. Alle 15 mm:n oksista väri- ja lahoviat eivät laajentuneet ulospäin karsinnan jälkeen syntyneeseen puuaineeseen. Karsittujen oksien läpimitalla ei ollut yhteyttä väri- ja lahovikojen esiintymiseen puun ytimessä. Väri- ja lahovikoja puun ytimessä oli eniten rinnankorkeudella ja karsitun oksan kohdalla ja vähiten kannonkorkeudella. Yhdessäkään tapauksessa vika ei ollut muuttunut pehmeäksi lahoksi. Rungon sisään jääneet karsitun oksan osat olivat lähes poikkeuksetta lahoja.

Koivun pystykarsimista tulee välttää syyskesällä ja syksyllä puun valmistautuessa lepokautteen, koska väri- ja lahovikoja syntyy tällöin helposti ja ne leviävät laajalle. Karsinnan kevään ja alkukesän mahla-aikana ei havaittu, aiemmista tutkimuksista poiketen, aiheuttavan keskimääräistä enempää vikoja. Karsittujen oksien kyljestyminen oli nopeinta karsittaessa alku- ja keskikesällä, jolloin myös riski vikaantumisesta oli itse asiassa pienimmillään. Puiden alkuperä ja lannoituskäsittely eivät vaikuttaneet väri- ja lahovikojen syntyymiseen tai leviämiseen.

Asiasanat: rauduskoivu, pystykarsinta, vuodenajat, puuaineen laatu, oksat, viilu, vaneri

Yhteystiedot: *Verkasalo*, Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimusasema, PL 68, 80101 Joensuu; *Rintala*, Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta, PL 111, 80101 Joensuu. Faksi (013) 251 4111, sähköposti erkki.verkasalo@metla.fi
Hyväksytty 25.5.1998

1 Johdanto

Oksikkuus on läpimitan ohella merkittävin mekaanisen puuteollisuuden koivuraaka-aineen laatuun ja arvoon vaikuttava tekijä (esim. Juvonen ja Kariniemi 1984, Koponen 1995, Kataikko 1996). Vaneriteollisuudessa koivuviulun kaupallinen laatu-luokka määräytyy käytännössä yli 90 prosentissa tapauksista oksaisuuden perusteella – suurin huomio kiinnitetään lahoihin ja kuiviin oksiin (Heiskanen 1966, Kärkkäinen 1984, 1986). Huonekalu- ja puusepäntuotuksissa oksat (terveet, kiinteät ja kuivat) määräävät useimmin lopputuotteen laadun, joskin tärkeä merkitys on myös mm. halkeamilla ja värillä ja sen tasaisuudella (Jouhtinen 1994, Louna ja Valkonen 1995, Kärki 1997). Siten on ymmärrettävää, että järeän koivun laatuksatutuksessa päähuomio on aina ollut yhtäältä järeyden kehittämisessä ja toisaalta oksattoman ja nykyisin myös terveksäisen puuaineen määrän lisäämisessä.

Pystykarsinta on eräs keino oksattoman puuaineen tuotannon lisäämiseksi. Rauduskoivujen pystykarsinnan määrästä ei ole tarkkaa tietoa. Karsittujen koivikoiden pinta-ala lienee kuitenkin vain murto-osa pääasiallisen karsintapuu-ajomme, männyn karsinta-alasta. Vuosina 1983–95 kokonaispystykarsinta-ala oli keskimäärin 8 000 ha/a ja sen vuotuinen vaihtelu 2 000–14 000 ha/a (Sevola 1997).

Koivun pystykarsinnan tekninen toteutus ja edulliset vaikutukset puuaineen laatuun ja arvoon tunnetaan hyvin. Oksattoman puun tuotoksen kasvun (mm. Lappi-Seppälä 1937, Heikinheimo 1953, Heiskanen 1958, 1966, Raulo 1981, Vuokila 1982) lisäksi runkomuoto jossain määrin paranee kapeenemisen pienemisen ansiosta, ainakin voimakkaassa karsinnassa ja runsaan kasvutilan vuoksi keskimääräistä tyvekkäämmässä istutuskoivikoissa (Lappi-Seppälä 1934, Raulo 1981).

Koivun pystykarsintaan liittyy kuitenkin riski

puuaineen vioittumisesta, erityisesti väri- ja laho-vikaantumisen alkamisesta karsituista oksista. Tällaisten vikojen todennäköisyys ja merkitys tunnetaan puutteellisesti. Heikinheimo (1953) havaitsi merkittävää lahoisuutta elävien oksien karsimisen jälkeen, mutta haitta oli pieni lahon levitessä yleensä puun pintaan päin ja jäädessä nuorena karsittaessa sorvauspurilaaseen. Heiskasen (1958) mukaan karsinta aiheuttaa koivuun, herkemmin raudukseen kuin hiekseen, väri- ja lahovikoja, jotka eivät kuitenkaan ulotu karsimisvuoden vuosiluston ulkopuolelle.

Vuokila (1976) totesi karsimisen aiheuttavan koivuvin merkittävää lahovikaa, mutta tällöin oli poikkeuksetta vaurioitettua kuorta. Kuorivaurioiden merkitystä vahvisti havainto kuorimittarin käytöstä syntyvistä väri- ja lahovioista. Lahoa aiheuttaneet oksat olivat säännöllisesti kookkaita ja sellaisina vaikeita, kuorivaurioille alttiita työkohteita. Kookkaiden oksien kautta lahovika pääsee yleensäkin iskeytymään helpoimmin. Tästä syystä Heiskanen (1958) esitti, että yli 3 cm:n eläviä oksia ei tulisi karsia. Heikinheimo (1953) piti karsittavan oksan läpimittarajana 1,5 senttimetriä. Heiskasen (1958) ja Vuokilan (1982) mukaan väri- ja lahoviat voidaan välttää huolellisella, kuorivaurioita varovalla karsinnalla ja jättämällä karsimatta poikkeuksellisen paksuja eläviä oksia sisältävät puut. Lahoriski on pienin, jos kasvupaikka on viljava, jolloin oksantyngät kyljestyvät mahdollisimman nopeasti. Riskialtointa on karsia varhaiskevällä, mahla-ai-kaan, jolloin kuori vaurioituu helpoimmin.

Koivun väri- ja lahovikojen vaikutukset puuteollisuudessa riippuvat niiden vaikutusalueesta rungon pituuden ja varsinkin säteen suunnassa. Pituuussuunnassa vaikutus on suurin rungon tyvitukiosassa, joka muodostaa normaalisti yli puolet koko rungon puustamaksukyvästä (Kärkkäinen 1986a). Vian leviäminen yksittäisestä karsitusta oksasta run-gossa alaspäin on siis periaatteessa vakavampaa

kuin sen leviäminen ylöspäin. Käytännössä tällä ei liene kuitenkaan suurta merkitystä, koska vain tyvitukkiosa eli 3,5–6 m karsitaan. Karsittavia oksia on koivussa myös yleensä lähes maahan asti.

Säteensuunnassa vaikutus on selvästi suurin vian ulottuessa muuten virheettömään pintapuuhun, jonka oksattomuuden hyväksi koivuja varsinaisesti karsitaan (esim. Heiskanen 1958, 1966, Vuokila 1982). Ytimen läheisyydessä koivun puuaine on terveoksaista ja heti tämän ukopuolella kuivaoksaista (Trendelenburg ja Mayer-Wegelin 1955, Kärkkäinen 1985, 1986b). Ytimen läheisyydessä puuaine on lisäksi kaadon jälkeen altista sydänhalkeamien ja kuivuessaan muotovikojen synnylle (mm. Aro 1960, Hakkila ym. 1970, Kärkkäinen 1984). Viilun sorvauksessa tämä osa puuaineesta jää kuitenkin purilaaseen, jonka paksuus on yleensä 6–8 cm (Koponen 1995). Täten väri- ja lahovioilla on koivurungon sisäosissa käyttäjän kannalta olennaisesti vähemmän vaikutusta puuaineen laatuun kuin pintaosissa. Koivun lahoviat keskittyvät sinänsä ytimen ympäristöön sekä laajuutensa että vakavuutensa puolesta (Shigo 1965, Aaltio 1987, Salmi 1987, Verkasalo 1993).

Väri- ja lahoviat vaikuttavat koivuviilun ja -vanerin valmistukseen yleensä alentamalla viilun kaupallista laatuluokkaa ja estämällä käytön ulkonäkölaadun puolesta vaativimpiin tuotteisiin (Heiskanen 1958, Hakkila ym. 1970, Verkasalo 1993). Sydäimestään pitkälti pehmeälahoiset pölkkyt voivat olla teknillisesti kokonaan tai osittain sorvauskelvottomia, jos ne eivät pysy kiinni sorvin karojen välissä viilun sorvauksen aikana (Koponen 1995). Lahonnutta puuta runsaasti sisältävät viiluarkit eivät myöskään aina täytä viilun vähimmäislaatuvaatimuksia tasapaksuuden, pinnan sileyden ja mekaanisen lujuuden suhteen (Meriluoto 1966, Wilhelmisen 1975, Verkasalo 1993, Koponen 1995). Väri- ja lahovikoihin liittyvät kemialliset muutokset puuaineessa vaikeuttavat joka tapauksessa liimausta, työstöä ja pintakäsittelyä (Koponen 1995).

Nykyisen koivuviilun lajitteluun tarkoitettua SFS-standardin 2413 (Koivuviilun ulkonäköön ... 1971) mukaan vaativimmassa E-laadussa, joka on tarkoitettu näkyviin jääviin lakkauksella tai lievällä sävytyksellä viimeisteltäviin pintoihin, ei sallita väri- tai lahovikaisia alueita. Muuten lakattaviin tai sävytettäviin pintoihin tarkoitettua I-laadussa salli-

taan lievää värivikaa enintään 15 prosentilla pinta-alasta. Korkealuokkaiseen maalaus käsittelyyn ja ohuiden pinnoitteiden pohjaksi tarkoitettua II-laadussa sekä rakenteisiin, rakenneosiin, sisäkäytössä maalaus käsittelyyn ja pinnoitteisiin tarkoitettua III-laadussa sallitaan värivikaa ja värijuovia rajoituksetta. Sama koskee vanerituotteiden takapintoihin, rakenneosiin ja pakkauksiin tarkoitettua IV-laadua, mutta siinä sallitaan myös kiinteitä korkeintaan 20 mm:n laho-oksia oksasummaan 200 mm/mm² asti.

Lievästäkin väriviasta seuraa siis muuten virheettömän viilun laatuluokan aleneminen yhdellä, jolloin kyseisen viilun arvo alenee Koposen (1995) koivuviilun laatuluokkien suhteellisten arvojen perusteella noin 30 %. Laajalle levinneestä lahoviasista seuraa laatuluokan aleneminen kahdella, jolloin arvon alennus on vastaavasti 60–70 %. Suomen vaneritehtaiden tuotannosta on E- ja I-laadua yhteensä vain 1–2 % (Heiskanen ja Saikku 1976, Koponen 1995), joten kysymys on olennainen parhaan tuoton antavien viilujen ja vanereiden valmistusmahdollisuuksien kannalta. Samalla se viestittää selkeästi koivun pystykarshintavikojen tarpeellisuudesta mekaanisen puuteollisuuden kannalta: hyvälaatuisia, oksatonta koivuviilua ja sahatavaraa saadaan nykyisin sekä markkinointimahdollisuuksien että tuotantotalouden kannalta liian vähän.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää:

- 1) Mitkä vuodenaajat ovat rauduskoivun pystykarshintavissa suositeltavia ja mitkä taas vältettäviä karsittujen oksien kyljestymisen ja syntyvien väri- ja lahovikojen kannalta?
- 2) Kuinka paksuja oksia voidaan karsia kyljestymisen ja väri- ja lahovikojen syntymisen kannalta?
- 3) Voidaanko kuolleiden oksien lisäksi karsia myös eläviä oksia aiheuttamatta väri- ja lahovikoja?

Pystykarshintavien seurauksena syntyviä väri- ja lahovikoja tarkastellaan seuraavilla tasoilla:

- 1) Syntyykö väri- tai lahovikoja ylipäänsä pystykarshintavien seurauksena?
- 2) Leviävätkö väri- tai lahoviat uuteen ja/tai vanhaan puuaineeseen?
- 3) Syntyykö rungon ytimeen väri- tai lahovikaa ja kehittykö se pehmeäksi lahoksi?
- 4) Lahoako karsittu oksa ja leviääkö laho oksan ympäristöön?

2 Aineisto ja menetelmät

Aineisto koostuu kolmesta vuosina 1966–72 istutetusta rauduskoivikosta, joista kaksi sijaitsee Säynätsalossa Enso Oy:n Rautalahden koetilan Majanorossa ja yksi Metsäntutkimuslaitoksen Suonenjoen tutkimusalueen Rajamäessä. Kaikki kokeet ovat aiemmin maatalouskäytössä olleilla pelloilla, joiden ravinteisuus vastaa sekä pituusbonitoinnin (Oikarinen 1983, ks. myös Gustavsen ja Mielikäinen 1984) että pintakasvillisuuden (Kujala 1979) perusteella lehtomaista kangasta. Kokeiden alkuperäiset tavoitteet ja perustamistavat poikkesivat toisistaan, joten sekä tutkimusaineistot ja -menetelmät että tulokset ja niiden analyysit esitetään erikseen joka kokeesta.

2.1 Säynätsalon kokeet

Säynätsalon vanhemman kokeen rauduskoivut istutettiin Rautalahden koetilan pääalueelle vuonna 1967 2-vuotiailla taimilla, joiden alkuperä oli Keuruulta yhden metsikön vapaapölytysjälkeläistöistä E185 ja E186. Istutustiheys oli 3000 kpl/ha, yhdessä toistossa kuitenkin 1200 kpl/ha. Koealueen itäpuolelle jätettiin noin 15 m:n vaippa reunavaikutuksen poistamiseksi. Muilta suunnilta koetta ympäröivät rauduskoivun harvennuskokeet.

Pystykarsinta-ajankohdan vaikutuksia karsintavikojen syntymiseen selvittävä koe perustettiin vuosina 1973–74, jolloin puiden ikä oli 8–9 vuotta. Puita karsittiin kahdeksana eri ajankohtana ympäri vuoden, mutta karsimattomia puita ei jätetty kontrolliksi. Karsintapäivämäärät sekä niiden jälkeisiä sääoloja kuvaavat kahden viikon vuorokautiset keskilämpötilat ja sademäärät sekä jäljellä olleen kasvukauden teholliset lämpösummat ja sademäärät koetta lähinnä sijaitsevalla Jyväskylän lentoaseman säähavaintoasemalla (62°24' pohj. lev., 25°40' it. pit., 140 m m.p.y.) on esitetty taulukossa 1.

Koealue jaettiin toistojen muodostamiseksi kymmeneen lohkoon. Kustakin lohkoa arvottiin koetta varten viisi koepuuta jokaista karsinta-ajankohdasta kohti, kaikkiaan siis 400 kpl. Kokeen kaikista puista mitattiin kuorellinen rinnankorkeusläpimita, minkä jälkeen ne kaikki pystykarsittiin rungonmyötäisesti oksasahalla noin 2,5 m:n korkeudelle.

Haaraisia puita ei kuitenkaan karsittu. Karsinnan jälkeen karsitut oksat luokiteltiin silmämääräisesti eläviin ja kuolleisiin ja niistä mitattiin kuoreton läpimitta ja etäisyys maanpinnasta. Kuolleina ja elävinä karsittujen oksien läpimitat olivat eri karsinta-ajankohtina keskimäärin 2,6–4,0 mm ja 6,5–8,0 mm ja suurimmillaan alle 10 mm ja 15–24 mm (taulukko 2). Syksyllä 1975 koealue alaharvennettiin, jolloin jokaisesta viiden koepuun ryhmästä poistettiin kolme puuta, mutta näitä ei analysoitu.

Joulukuussa 1978 eli 4–5 vuotta pystykarsinnan jälkeen otettiin jäljellä olleista 216 puusta kaato-koepuiksi 88 kpl eli yksi puu jokaista karsinta-ajankohdasta ja toistoa kohti. Kokeen kaikista puista mitattiin rinnankorkeusläpimitta kuoren päältä pienimmän ja suurimman läpimitan keskiarvona ja rinnankorkeusläpimitan kuorellinen kasvu laskettiin tutkimusajankohdan ja karsinta-ajankohdan läpimittojen erotuksena. Kaikkien puiden keskiläpimitta oli tässä vaiheessa 52 mm ja poistettujen puiden 55 mm (taulukko 2). Karsituista rungoista sahattiin 2,5 m:n näytepölkky rungon tyvestä. Rinnankorkeudelta sahattiin kiekot, joista mitattiin viiden vuoden sädekasvu kahdelta vastakkaiselta puolelta keskimääräistä kasvua edustaneessa suunnassa.

Näytepölkkyistä tutkittiin 15 erikokoista pystykarsittua oksaa. Osa oksamittauksista jouduttiin hylkäämään teknisistä syistä, joten lopulta voitiin analysoida 1123 karsittua oksaa, joista oli karsittu elävinä 932 kpl ja kuolleina 191 kpl.

Oksan kohdalta halkaistuista kiekkoista määritettiin kyljestymisaste silmämääräisesti seuraavan luokituksen mukaisesti (kuvat 1a–c):

- 1) Kuoren alla on terve, virheetön puupinta.
- 2) Kuoren alla on mustaa kuoriainesta.
- 3) Oksan leikkauspinta on näkyvässä, kuori ei ole kasvanut umpeen.

Väri- tai lahovian leviäminen oksasta mitattiin sen suurimpana ulottumana yhden senttimetrin ylenevää luokitusta käyttäen sekä puun säteen- ja pituussuunnassa (kuva 1d) että erikseen ytimestä leveimmästä kohdastaan (kuva 1e). Puun ytimen väriä lahoviat määritettiin rinnankorkeudelta, pölkyn tyvestä ja latvasta sekä jokaisen tutkitun oksan kohdalta.

Oksat luokiteltiin kiekon halkileikkauksen laohuuden perusteella seuraavasti:

Taulukko 1. Karsintapäivämäärät, karsinnan jälkeistä säätä kuvaavat kahden viikon vuorokautiset keskilämpötilat ja sademäärät sekä jäljellä olleen kasvukauden teholliset lämpösummat ja sademäärät eri kokeissa pystykarsinta-ajankohdittain. Säähavainnot: Ilmatieteen laitos.

Pystykarsinta- ajankohta, nro	Karsinta- päivämäärä	Karsinnan jälkeiset kaksi viikkoa		Jäljellä ollut kasvukausi	
		Vuorokauden keskilämpötilojen keskiarvo, °C	Vuorokauden sademäärien keskiarvo, mm	Tehollinen lämpösumma, d.d.	Sademäärä, mm
Säynätsalon vanhempi koe (Jyväskylän lentoaseman säähavainnot)					
1	15.08.1973	+11,5	2,8	130	120
2	25.09.1973	+4,9	1,3	14	52
3	30.10.1973	- 0,2	1,3	0	50
4	28.02.1974	- 5,2	Δ	0	482
5	22.04.1974	+2,0	Δ	0	482
6	29.05.1974	+9,7	2,5	1063	474
7	27.06.1974	+15,0	3,8	823	420
8	22.07.1974	+14,8	2,1	554	310
Säynätsalon nuorempi koe (Jyväskylän lentoaseman säähavainnot)					
1	12.11.1974	-0,5	4,0	0	65
2	18.02.1975	-3,9	0,3	0	282
3	15.05.1975	+11,0	1,0	1142	273
4	01.07.1975	+16,0	0,6	837	194
Suonenjoen koe (Kuopion lentoaseman säähavainnot)					
1	Kontrolli
2	17.07.1980	+18,2	4,8	688	230
3	09.09.1980	+9,8	1,8	125	108
4	06.10.1980	+6,4	4,5	32	55
5	07.11.1980	- 5,3	Δ	0	1
6	30.03.1981	+2,4	0	0	383
7	04.05.1981	+8,4	0,3	1235	375
8	08.06.1981	+10,8	5,8	995	341
9	30.06.1981	+18,0	2,0	826	251

0 = Oksa ei ollut lahonnut rungon ytimeen päin enempää kuin rungon pituusakselin suuntaisen läpimitänsä verran, mahdollinen laho oli kovaa lahoa.

1 = Oksa oli lahonnut rungon ytimeen päin enemmän kuin rungon pituusakselin suuntaisen läpimitänsä verran mutta ei kuitenkaan ytimeen saakka, laho oli kovaa lahoa.

2 = Oksa oli lahonnut kokonaan rungon ytimeen saakka, laho oli kovaa lahoa.

3 = Oksa oli lahonnut kokonaan rungon ytimeen saakka, laho oli pehmeää lahoa.

Rungon väri- ja lahovikaisuus oksan ulkopuolella luokiteltiin oksan halkileikkauksen perusteella seuraavasti:

0 = Väri- tai lahovikaa ei ollut levinnyt oksan ulkopuolelle.

1 = Väri- tai lahovikaa oli levinnyt oksan ulkopuolelle.

Väri- tai lahovian leviäminen karsitun oksan ala- ja yläpuolelle mitattiin erikseen oksan reunasta alkaen. Suurin kirjattu ulottuma oli 99 mm.

Säynätsalon nuoremman kokeen rauduskoivut

Taulukko 2. Perusmuuttujien keskiarvot pystykarsinta-ajankohdittain eri kokeissa mittausvuosittain.

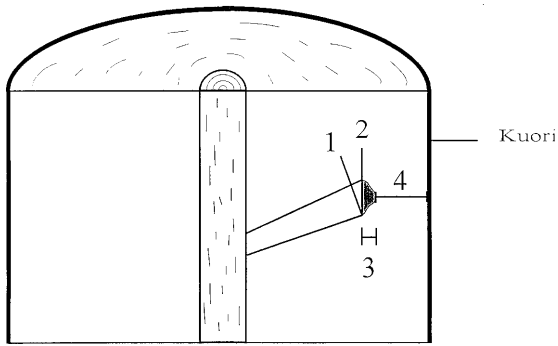
Säynätsalon vanhempi koe, 1978, 5 a karsinnasta									
Pystykarsinta-ajankohta	15.08	25.09	30.10	28.02	22.04	29.05	27.06	22.07	
d _{1,3} 1973–74, mm (kaikki puut)	51,0	51,0	52,0	53,0	50,0	50,0	53,0	52,0	
d _{1,3} 1973–74, mm (koepuut)	55,3	54,0	53,3	55,8	56,2	53,8	56,6	51,4	
d _{1,3} 1978, mm	92,5	88,9	90,7	94,3	91,9	87,0	98,0	88,9	
d _{1,3} kasvu, mm	37,3	34,9	37,5	38,5	35,7	33,2	41,4	37,5	
2 × 5 vuoden sädekasvu, mm	36,2	35,0	38,1	37,5	35,4	32,2	37,2	34,1	
h alussa, dm	74,6	77,1	73,6	74,9	74,3	73,3	76,0	74,2	
Oksan korkeus maasta, cm	135	141	140	140	136	136	137	140	
Elävän oksan läpimitta, mm	7,2	7,3	6,5	8,0	7,1	8,0	7,6	7,7	
Kuolleen oksan läpimitta, mm	3,7	3,9	3,2	3,5	3,7	3,3	4,0	2,6	
Oksan leikkauspinta, mm	-	-	-	-	-	-	-	-	

Säynätsalon nuorempi koe									
Pystykarsinta-ajankohta	1978, 4 a karsinnasta				1986, 12 a karsinnasta				
	12.11	18.02	15.05	01.07	12.11	18.02	15.05	01.07	
d _{1,3} 1974–75, mm (kaikki puut)	69,3	68,7	71,1	69,9	69,3	68,7	71,1	69,9	
d _{1,3} 1974–75, mm (koepuut)	75,2	69,6	69,9	71,6	76,2	68,6	72,6	77,6	
d _{1,3} 1978, mm	114,4	107,5	97,9	103,1	-	-	-	-	
d _{1,3} 1986, mm	-	-	-	-	165,0	157,2	154,2	159,0	
d _{1,3} kasvu, mm	39,2	38,0	28,0	31,5	88,8	88,4	81,6	81,4	
2 × 5 vuoden sädekasvu, mm	48,1	45,9	38,7	41,3	-	-	-	-	
h alussa, dm	-	-	-	-	-	-	-	-	
Oksan korkeus maasta, cm	148	127	141	141	-	-	-	-	
Oksan läpimitta, mm	12,7	12,5	12,7	13,3	13,9	9,4	12,3	9,3	
Oksan leikkauspinta, mm	-	-	-	-	16,4	9,9	13,2	10,2	

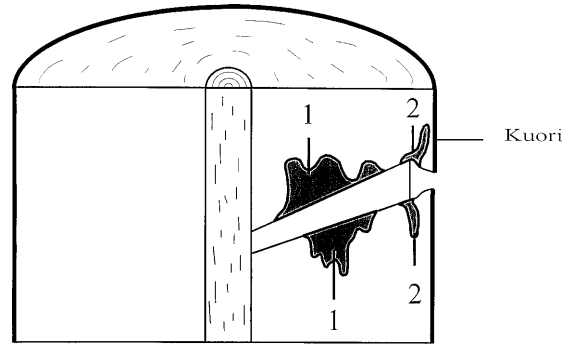
Suonenjoen koe 1986, 6 a karsinnasta									
Pystykarsinta-ajankohta	Kontrolli	17.07	09.09	06.10	07.11	30.03	04.05	08.06	30.06
d _{1,3} 1980–81, mm (kaikki puut)	78,0	75,2	72,7	73,9	76,3	73,6	74,6	68,8	73,9
d _{1,3} 1980–81, mm (koepuut)	64,5	64,1	65,2	68,6	66,6	67,8	60,1	64,8	65,8
d _{1,3} 1986, mm	104,8	104,0	102,8	106,9	105,9	106,6	97,2	103,5	101,2
d _{1,3} kasvu, mm	40,3	39,9	37,7	38,3	39,3	38,8	37,1	38,7	35,4
2 × 5 vuoden sädekasvu, mm	-	-	-	-	-	-	-	-	-
h alussa, dm	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oksan korkeus maasta, cm	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oksan läpimitta, mm	7,4	10,8	11,9	11,6	11,1	12,2	11,1	10,8	10,9
Oksan leikkauspinta, mm	9,6	12,6	13,6	13,0	12,9	14,3	13,0	13,1	13,3

istutettiin Rautalahden koetilan pääalueelle vuonna 1966 2-vuotiailla taimilla, joiden alkuperä oli todennäköisesti Keuruun vapaapölytysjälkeläistöstä E186. Istutustiheys oli 2 500 kpl/ha. Taimia lannoitettiin erilaisilla käsittelyillä vuonna 1966, mutta täsmälliset tiedot niistä puuttuivat. Koealuetta ympäröivät muut rauduskoivukoheet 5 m:n vaippoineen.

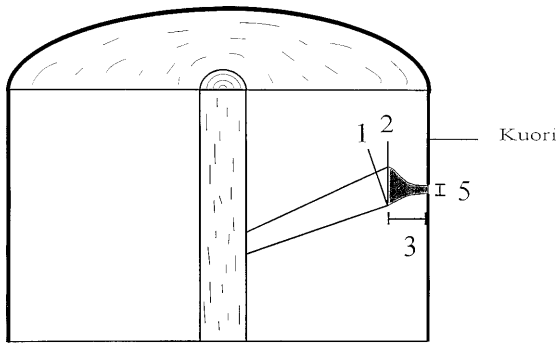
Pystykarsinta-ajankohdan vaikutuksia karsintaviikojen syntymiseen selvittävä koe perustettiin vuosina 1974–75, jolloin puiden ikä oli 10–11 vuotta. Puita karsittiin tässä kokeessa neljänä eri ajankohdana ympäri vuoden, mutta karsimattomia puita ei jätetty kontrolliksi. Karsintapäivämäärät sekä niiden jälkeisiä sääoloja kuvaavat kahden viikon vuorokautiset



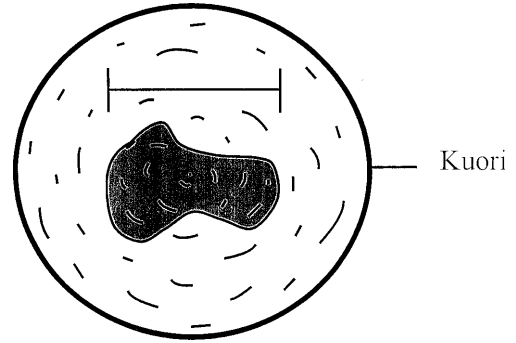
Kuva 1a. Pystykarsitun oksan kyljestymisen mittaus. Kyljestymisaste 1. 1 = oksan läpimitta, 2 = oksan leikkauspinta, 3 = oksatapin pituus, 4 = virheettömän pintapuun paksuus.



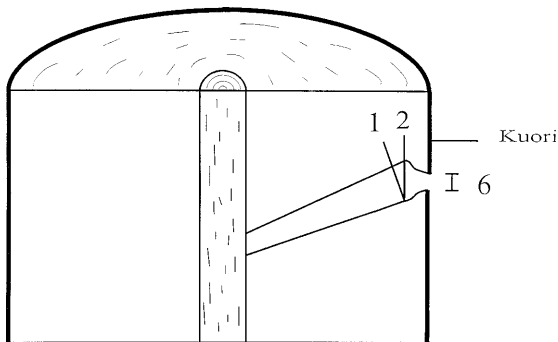
Kuva 1d. Väri- tai lahovian leviäminen pystykarsitusta oksasta. 1 = vanhaan puuaineeseen, 2 = uuteen puuaineeseen.



Kuva 1b. Pystykarsitun oksan kyljestymisen mittaus. Kyljestymisaste 2. 1 = oksan läpimitta, 2 = oksan leikkauspinta, 3 = oksatapin pituus, 5 = oksatapin paksuus.



Kuva 1e. Väri- tai lahovian mittaus rungon ytimestä leveimmästä kohdastaan.



Kuva 1c. Pystykarsitun oksan kyljestymisen mittaus. Kyljestymisaste 3. 1 = oksan läpimitta, 2 = oksan leikkauspinta, 6 = oksan aukon halkaisija.

keskilämpötilat ja sademäärät sekä jäljellä olleen kasvukauden teholliset lämpösummat ja sademäärät koetta lähinnä sijaitsevalla Jyväskylän lentoaseman säähavaintoasemalla (62°24' pohj. lev., 25°40' it. pit., 140 m m.p.y.) on esitetty taulukossa 1.

Koalueelle rajattiin karsintakoetta varten 20 kpl yhden aarin koeruutuja, jotka arvottiin neljälle karsinta-ajankohdalle ja niiden viidelle toistolle. Koeruudut harvennettiin kokeen perustamisen yhteydessä tiheyteen 1 000 kpl/ha, joten kuhunkin koeruutuun jäi 10 puuta ja kokeeseen siis yhteensä 200 puuta. Kaikista puista mitattiin kuorellinen rinnan-korkeusläpimitta, minkä jälkeen ne kaikki pystykarsittiin rungonmyötäisesti oksasahalla 2,3 m:n korkeudelle. Karsinnan jälkeen mitattiin kuoreton läpi-

mitta ja etäisyys maanpinnasta vain yli 10 mm:n oksista. Karsittujen oksien keskiläpimitta oli 12,5–13,3 mm ja suurimmat oksat olivat 20–22 mm karsinta-ajankohdasta riippuen (taulukko 2). Koeruudut lannoitettiin urealla (500 kg/ha) vuonna 1975.

Kokeesta otettiin yksi kaatokoepuu jokaista karsinta-ajankohtaa ja toistoa kohti kahteen otteeseen. Ensimmäiset 20 koepuuta kaadettiin 7.12.1978 eli neljän vuoden kuluttua karsinnasta. Keskiläpimitta oli tällöin kaikilla puilla 70 mm ja poistetuilla puilla 72 mm. Näytekiekot sahattiin jokaisen karsitun oksan kohdalta sekä näytepölkyn tyvestä ja latvasta. Puuta kohti tuli tutkittavaksi keskimäärin noin 10 oksaa, jotka kaikki oli karsittu elävinä, kaikkiaan 201 kpl. Puun rinnankorkeusläpimitta ja sädekasvu sekä oksien kyljestyminen ja lahoisuus, väri- tai lahovian määrä rungon ytimessä, väri- tai lahovian leviäminen oksan ulkopuolelle sekä väri- tai lahovian pituus oksan ala- ja yläpuolella tutkittiin samoilla menetelmillä kuin Säynätsalon vanhemmassa kokeessa.

Kokeesta otettiin toiset 20 kaatokoepuuta 29.10.1986 eli 12 vuoden kuluttua karsinnasta. Keskiläpimitta oli tällöin kaikilla puilla 70 mm ja poistetuilla puilla 74 mm. Puista sahattiin näytepölkkyt 1–1,5 m:n korkeudelta ja pölkkyistä sahattiin näytekiekot jokaisen karsitun oksan kohdalta. Puuta kohti tuli tutkittavaksi keskimäärin noin 5 oksaa, jotka kaikki oli karsittu elävinä, kaikkiaan 93 kpl. Kiekoista mitattiin karsittujen oksien kuorettomat läpimitat rungon sivuajan suunnassa ja väri- tai lahovian suurin leveys rungon ytimessä (kuva 1e). Lisäksi tutkittiin, oliko väri- tai lahovika levinnyt oksan ulkopuolelle uuteen puuhun (pintaan päin) ja/tai vanhaan puuhun (ytimeen päin). Touko- ja marraskuussa karsittujen oksien läpimittojen keskiarvot olivat 13 mm ja helmi- ja heinäkuussa karsittujen 9 mm (taulukko 2). Neljäsosa marraskuussa karsituista oksista oli läpimitaltaan yli 20 mm ja suurin niistä oli 30 mm, mutta muita karsinta-ajankohtia edustaneissa puissa ei ollut yli 18 mm:n oksia.

2.2 Suomenjoen koe

Suonenjoen Rajamäen koealue, pinta-alaltaan 1,5 ha, istutettiin 2-vuotiailla, alkuperältään Enon ja Sulkavan rauduskoivun taimilla tiheyteen 1 650 kpl/

ha vuonna 1972. Taimia lannoitettiin neljällä eri käsittelyllä vuosina 1973–75:

- 1) Ei lannoitusta
- 2) 30 g ureaa/taimi vuonna -73
- 3) 30 g ureaa/taimi vuosina -73 ja -74
- 4) 30 g ureaa/taimi vuosina -73, -74 ja -75.

Eri alkuperiä ja lannoituskäsittelyjä edustaneet taimet sijaitsivat koealueella satunnaisesti.

Pystykarsinta-ajankohdan vaikutuksia karsintavikojen syntymiseen selvittävä koe perustettiin vuosina 1980–81, jolloin puiden ikä oli 10–11 vuotta. Puita karsittiin kahdeksana eri ajankohtana ympäri vuoden ja lisäksi jätettiin karsimattomia puita kontrolliksi. Karsintapäivämäärät sekä niiden jälkeisiä sääoloja kuvaavat kahden viikon vuorokautiset keskilämpötilat ja sademäärät ja jäljellä olleen kasvukauden teholliset lämpösummat ja sademäärät koetta lähinnä sijaitsevalla Kuopion lentoaseman säähavaintoasemalla (63°01' pohj. lev., 27°48' it. pit., 94 m m.p.y.) on esitetty taulukossa 1.

Koealue jaettiin toistojen muodostamiseksi 13 pinta-alaltaan yhtä suureen osa-alueeseen, joilta pystykarsittiin kaikki puut lukuunottamatta kontrollina olleita puita. Reunavaikutuksen poistamiseksi jätettiin koealueen ulommat puurivit kokeen ulkopuolelle. Kultakin toistolta karsittiin 9 puuta kutakin karsinta-ajankohtaa kohti, kaikkiaan siis 936 kpl. Koealue harvennettiin kokeen perustamisen yhteydessä tiheyteen 750 kpl/ha. Kokeen kaikista puista mitattiin ennen karsintaa kuorellinen rinnankorkeusläpimitta. Karsinnassa poistettiin kaikki oksat rungonmyötäisesti oksasahalla 2 m:n korkeuteen saakka, minkä jälkeen niiden kuorettomat läpimitat mitattiin. Karsittujen oksien keskiläpimitta oli 10,8–12,2 mm karsinta-ajankohdasta riippuen (taulukko 2). Pienimmät karsitut oksat olivat 2–3 mm ja suurimmat 23–30 mm ajankohdasta riippumatta.

Marraskuussa 1986 eli 5–6 vuotta karsinnasta otettiin kokeesta kolme kaatokoepuuta alaharvennusperiaatteella jokaisesta karsinta-ajankohdasta ja lisäksi kontrollista, erikseen jokaista toistoa kohti, yhteensä 349 kpl. Kokeen kaikkien puiden keskiläpimitta oli tässä vaiheessa 74 mm mutta poistettujen puiden vain 65 mm (taulukko 2). Kaikista kaatokoepuista otettiin 1–2 m:n korkeudelta näytepölkky, jonka päistä ja viiden suurimman oksan koh-

delta sahattiin 2–3 cm:n kiekkonäytteet. Osa oksamittauksista jouduttiin hylkäämään teknisistä syistä, joten lopulta voitiin analysoida 1539 karsittua oksaa.

Oksien kyljestyminen määritettiin kuten Säynätsalon kokeissa (kuvat 1a–c). Kiekoista mitattiin karsitun oksan kuoreton läpimitta, karsintajäljen leikkauspinnan läpimitta, oksatapin pituus ja paksuus, oksa-aukon halkaisija sekä virheettömän pintapuun paksuus (kuvat 1a–c). Lisäksi tutkittiin, oliko karsitusta oksasta levinnyt väri- tai lahovikaa uuteen tai vanhaan puuhun (kuva 1d). Väri- tai lahovian määrä rungon ytimessä mitattiin vian leveimmältä kohdalta (kuva 1e).

2.3 Tilastolliset analyysit

Kokeista mitattujen muuttujien jakaumien normaalisuus testattiin Lillieforssin testillä (Ranta ym. 1989). Rinnankorkeusläpimitta, karsitun oksan ja oksan leikkauspinnan läpimitta sekä puun pituus noudattivat normaalijakaumaa. Näin ei kuitenkaan ollut useiden, mm. pystykarsinnan jälkeisiä sääolo- ja kuvanneiden muuttujien osalta (taulukko 1). Koska muuttujien varianssit olivat lisäksi usein ei-homogeenisia, tutkimuksessa käytettiin systemaattisesti ei-parametrisiä analyysimenetelmiä (Ranta ym. 1989).

Muuttujien keskilukujen eroja tutkittiin Kruskal-Wallislin yksisuuntaisella varianssianalyysillä (K-W), joita täydennettiin mahdollisuuksien mukaan parametrisilla Tukeyn testeillä. Näissä käytettyjen havaintojen lukumäärät on ilmoitettu pohjana olleita luokiteltuja tuloksia kuvaavissa taulukoissa. Merkitsevän vaikutuksen rajana pidettiin $p < 0,05$ ja lisäksi suuntaa antavan vaikutuksen rajana $p < 0,15$. Muuttujien välisiä yhteyksiä tutkittiin muodostamalla korrelaatiomatriisit. Yhden tai useamman selittävän muuttujan vaikutuksia selittävään muuttujaan tutkittiin lineaarisella regressioanalyysillä, mm. puun sisäisiä väri- ja lahovikamuuttujia ennustettiin ulkoisia ominaisuuksia kuvaavilla muuttujilla. Luokitteluasteikolliset selittävät muuttujat koodattiin valemuuttujiksi. Binäärimuuttujia selitettäessä käytettiin logistista regressioanalyysia.

3 Tulokset

3.1 Karsitun oksan läpimitan ja laadun vaikutukset

3.1.1 Oksan kyljestyminen

Säynätsalon vanhemmassa kokeessa karsituista oksista oli 17 % kuolleita ja 83 % eläviä. Kuolleista oksista 88 % oli kyljestynyt kokonaan viidessä vuodessa (taulukko 3). Suurimman kuolleen oksan läpimitta oli kuitenkin vain 10 mm. Elävistä oksista vain 65 % oli kyljestynyt kokonaan, alle 10 mm:n läpimittaisista 74 % ja yli 10 mm:n läpimittaisista 28 %. Regressioanalyysin mukaan karsitun oksan läpimitta selitti parhaiten sekä kuolleiden että elävien oksien kyljestymistä (taulukko 4).

Säynätsalon nuoremmassa kokeessa kaikki alle 5 mm:n läpimittaisina karsitut oksat olivat kyljestyneet kokonaan vuonna 1978 eli neljässä vuodessa, mutta vastaava osuus 6–15 mm:n oksista oli vain 30 % ja yli 15 mm:n oksista 2 % (taulukko 3). Tässäkin kyljestymistä selitti parhaiten karsitun oksan läpimitta (taulukko 4). Kaikki vuonna 1986 tutkitut oksat olivat kyljestyneet kokonaan 12 vuodessa.

Suonenjoen kokeessa 47 % kaikista tutkituista oksista oli kyljestynyt kokonaan kuudessa vuodessa (taulukko 3). Kaikista yli 15 mm:n oksista oli kuitenkin kyljestynyt vain 24 %, yli 20 mm:n oksista 13 % ja yli 25 mm:n oksista ei yksikään edes osittain. Tässä kokeessa kyljestymistä selitti regressioanalyysin mukaan parhaiten rinnankorkeusläpimitan kuorellinen kasvu (taulukko 4).

3.1.2 Väri- tai lahovian leviäminen karsitusta oksasta uuteen ja vanhaan puuaineeseen

Säynätsalon nuoremmassa kokeessa 20 % karsituista oksista oli aiheuttanut väri- tai lahovikaa karsinnan jälkeen syntyneeseen uuteen puuaineeseen 12 vuodessa karsinnasta. Vikaa oli levinnyt kaikista yli 20 mm:n oksista osuuden kuitenkin pienentyessä selvästi oksien ohentuessa: alle 15 mm:n oksista vikaa levitti vain 12 % (kuva 2). Oksan läpimitan vaikutus oli merkitsevä (K-W: $\chi^2 = 42,55$, $p < 0,001$). Väri- tai lahovikaa syntyi selvästi yleisemmin vanhaan kuin uuteen puuaineeseen, sillä 44 %

Taulukko 3. Karsittujen oksien lukumäärä (n) ja kokonaan kyljestyneiden oksien osuus (%) oksan kuorettoman läpimittaluokan mukaan eri kokeissa.

Koe	Karsitun oksan kuoreton läpimitta, mm													
	1–5		6–10		11–15		16–20		21–25		26–30		Kaikki	
	Oksien lukumäärä ja kokonaan kyljestyneiden osuus													
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Säynätsalo vanhempi 1978, 5 a karsinnasta (kuolleet oksat)	180	90	11	55	0	...	0	...	0	...	0	...	191	88
Säynätsalo vanhempi 1978, 5 a karsinnasta (elävät oksat)	333	89	415	62	167	30	11	13	6	0	0	...	932	65
Säynätsalo nuorempi 1978, 4 a karsinnasta	6	100	88	33	66	26	33	3	8	0	0	...	201	27
Säynätsalo nuorempi 1986, 12 a karsinnasta	12	100	34	100	30	100	14	100	2	100	1	100	93	100
Suonenjoki 1986, 6 a karsinnasta	124	70	618	55	531	40	221	26	36	17	9	0	1539	47

Taulukko 4. Karsitun oksan kyljestymisasteen riippuvuus parhaasta yksittäisestä selittävästä tekijästä lineaarisen regressioanalyysin $y = a + bx$ mukaan eri kokeissa.

Koe	Paras selittäjä	a	b	R ²	SEE	F	p
Säynätsalo vanhempi 1978 (kuolleet oksat)	Karsitun oksan kuoreton läpimitta, mm	2,27	-0,13	0,13	0,46	30,28	< 0,001
Säynätsalo vanhempi 1978 (elävät oksat)	Karsitun oksan kuoreton läpimitta, mm	2,32	-0,11	0,21	0,69	244,08	< 0,001
Säynätsalo nuorempi 1978	Karsitun oksan kuoreton läpimitta, mm	2,02	-0,10	0,13	0,67	224,01	< 0,001
Suonenjoki 1986	Rinnankorkeusläpimitan kasvu, mm/a	0,24	0,03	0,13	0,77	30,80	< 0,001

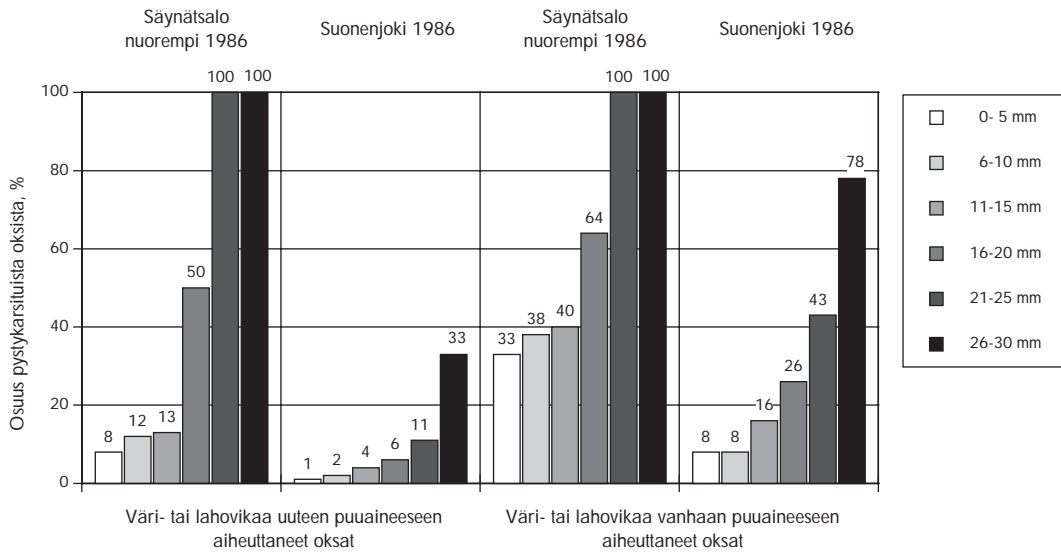
karsituista oksista oli vikaannuttanut vanhaa puuta. Vikaa oli levinnyt vanhaan puuhun kaikista yli 20 mm:n oksista, 48 prosentista 11–20 mm:n oksia ja vielä 37 prosentista alle 10 mm:n oksia (kuva 2). Oksan läpimitan vaikutus ei ollut kuitenkaan merkitsevää (K-W: $\chi^2 = 21,40$, $p = 0,26$), mihin tulokseen vaikutti epäilemättä suurten oksien pieni havaintojen lukumäärä (taulukko 3).

Suonenjoen kokeessa vain 4 % karsituista oksista oli aiheuttanut väri- tai lahovikaa uuteen puuaineeseen kuudessa vuodessa karsinnasta. Vikaa oli levinnyt vain kahdesta prosentista alle 10 mm:n oksia mutta kuitenkin 16 prosentista yli 20 mm:n oksia (kuva 2). Näiden oksan läpimittaluokkien ero oli myös merkitsevää (Tukey: $F = 4,36$, $p < 0,001$). Väri-

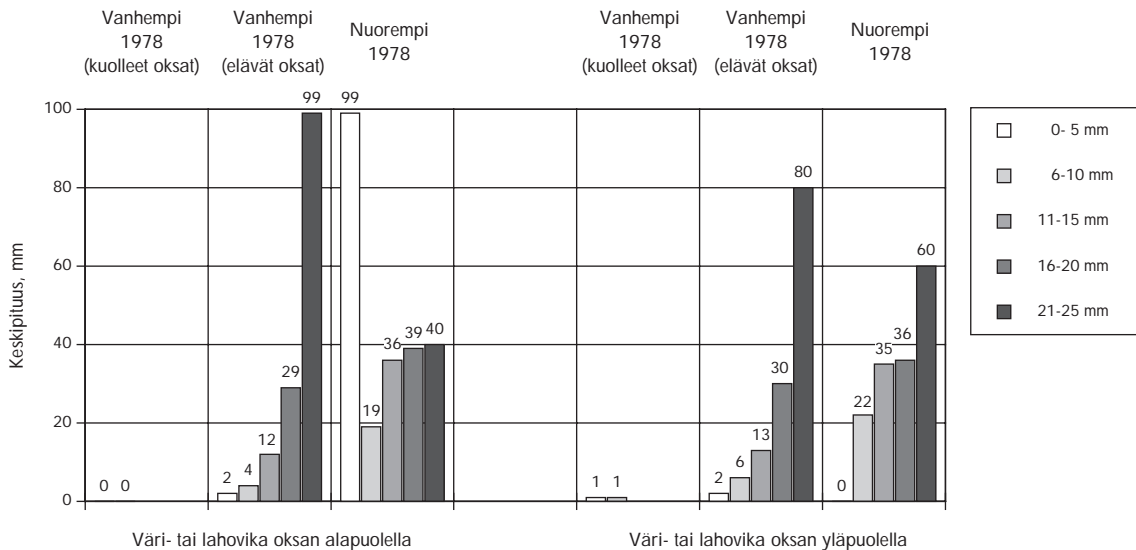
tai lahovikaa syntyi tässäkin kokeessa selvästi yleisemmin vanhaan kuin uuteen puuaineeseen, sillä 15 % karsituista oksista oli vikaannuttanut vanhaa puuta. Vikaa oli levinnyt vain kahdeksasta prosentista alle 10 mm:n oksia mutta lähes joka toisesta yli 20 mm:n oksasta ja lähes neljästä viidesosasta yli 25 mm:n oksia (kuva 2). Oksan läpimitan vaikutus oli merkitsevää (K-W: $\chi^2 = 138,07$, $p < 0,001$).

3.1.3 Väri- tai lahovian leviäminen karsitun oksan ala- ja yläpuolelle

Säynätsalon vanhemmassa kokeessa kuolleena karsitut oksat eivät olleet aiheuttaneet viidessä vuo-



Kuva 2. Väri- tai lahovikaa uuteen ja vanhaan puuaineeseen aiheuttaneiden pystykarshintujen oksien osuus kuorettoman läpimittaluokan mukaan eri kokeissa.



Kuva 3. Väri- tai lahovian keskipituus pystykarshintun oksan ala- ja yläpuolella oksan kuorettoman läpimittaluokan mukaan Säynätsalon kokeissa.

nessa lainkaan väri- tai lahovikaa alapuolelleen ja elävistäkin oksista vikaa oli aiheuttanut vain 11 %. Alle 10 mm:n elävistä oksista oli levinnyt vikaa niiden alapuolelle keskimäärin vain 3 mm mutta 16–

20 mm:n oksista 29 mm ja kaikista yli 20 mm:n oksista vähintään 99 mm, joka oli suurin kirjattu ulottuma (kuva 3). Oksan läpimitan vaikutus oli myös merkitsevä (K-W: $\chi^2 = 112,70$, $p < 0,001$).

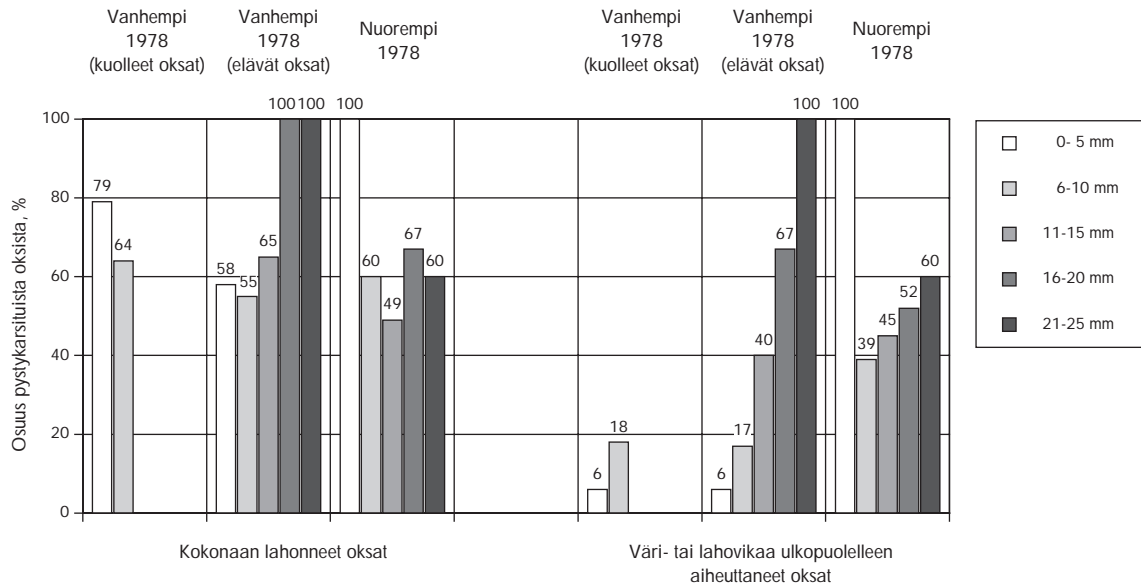
Kuolleina karsitut oksat eivät olleet aiheuttaneet juuri lainkaan väri- tai lahovikaa myöskään yläpuolelleen, kun taas elävistä oksista joka kuudes oli ollut tällaisen vian lähteenä. Alle 10 mm:n elävistä oksista oli levinnyt vikaa keskimäärin vain 4 mm mutta 16–20 mm:n oksista 30 mm ja yli 20 mm:n oksista peräti 80 mm (kuva 3). Oksan läpimitan vaikutus oli myös merkitsevä (K-W: $\chi^2 = 105,02$, $p < 0,001$).

Säynätsalon nuoremmassa kokeessa oli runsaasti väri- tai lahovikaa karsitun oksan alapuolella: alle 10 mm:n oksien kohdalla vian ulottuma oli keskimäärin 20 mm ja yli 10 mm:n oksien kohdalla lähes 40 mm (kuva 3). Oksan läpimitan vaikutus ei ollut kuitenkaan merkitsevä (K-W: $\chi^2 = 13,33$, $p = 0,50$). Alle 6 mm:n oksat eivät aiheuttaneet lainkaan väri- tai lahovikaa yläpuolelleen mutta jo 11–20 mm:n ja varsinkin yli 20 mm:n oksat runsaasti, keskimäärin 35 ja 60 mm (kuva 3). Oksan läpimitan vaikutus ei ollut tässäkään merkitsevä (K-W: $\chi^2 = 10,95$, $p = 0,69$). Sekä oksan ala- ja yläpuolisen vikaantumisen testituloksiin vaikutti epäilemättä suurten oksien pieni havaintojen lukumäärä (taulukko 3).

3.1.4 Karsitun oksan lahoisuus sekä väri- tai lahovian leviäminen oksan ulkopuolelle

Säynätsalon vanhemmassa kokeessa kuolleina karsituista oksista, jotka kaikki olivat korkeintaan vain 10 mm:n läpimittaisia, oli viidessä vuodessa lahonnut koko pituudeltaan 78 %. Vastaavan kokoisista elävistä oksista oli kauttaaltaan lahonneita hieman vähemmän, 56 %, 11–15 mm:n läpimittaisista 65 % ja yli 15 mm:n läpimittaisista kaikki (kuva 4). Kaikista elävinä karsituista oksista oli tällaisia 58 %. Yhdessäkään oksassa laho ei ollut kuitenkaan kehittynyt pehmeäksi.

Oksan ulkopuolelle väri- tai lahovikaa aiheuttaneiden korkeintaan 10 mm:n kuolleiden ja elävien oksien osuudet olivat yhtä suuret, 13 %. Elävillä oksilla tällaisen vian esiintyminen oli säännöllisesti sitä yleisempää mitä paksumpi oksa oli: 11–15 mm:n oksista 40 %, 16–20 mm:n oksista 67 % ja yli 20 mm:n oksista kaikki aiheuttivat oksan ulkopuolista väri- tai lahovikaa (kuva 4). Kuitenkin vain 18 % kaikista elävinä karsituista oksista aiheutti vikaa ulkopuolelleen. Elävän oksan läpimitan vaikutus oli myös merkitsevä (K-W: $\chi^2 = 117,41$, $p < 0,001$).



Kuva 4. Kokonaan lahonneiden ja väri- tai lahovikaa ulkopuolelleen aiheuttaneiden pystykarsittujen oksien osuus kuorettoman läpimittaluokan mukaan Säynätsalon kokeissa.

Taulukko 5. Väri- tai lahovian keskimääräiset suurimmat leveydet karsitun oksan kohdalla rungon ytimessä oksan kuorettoman läpimittaluokan mukaan eri kokeissa. Havaintojen lukumäärät taulukossa 3.

Koe	Karsitun oksan kuoreton läpimitta, mm					
	1–5	6–10	11–15	16–20	21–25	26–30
	Väri- tai lahovian keskimääräinen suurin leveys rungon ytimessä, mm					
Säynätsalo vanhempi 1978, 5 a karsinnasta (kuolleet oksat)	11	8
Säynätsalo vanhempi 1978, 5 a karsinnasta (elävät oksat)	11	11	10	15	20	...
Säynätsalo nuorempi 1978, 4 a karsinnasta	20	22	24	24	32	...
Säynätsalo nuorempi 1986, 12 a karsinnasta	16	27	19	30	38	55
Suonenjoki 1986, 6 a karsinnasta	8	8	12	12	16	43

Säynätsalon nuoremmassa kokeessa kaikista karsituista oksista oli neljässä vuodessa lahonnut koko pituudeltaan 55 % ja täysin lahottomia oksia oli vain 1,5 % eli 3 kpl. Yli 5 mm:n oksista oli kauttaaltaan lahoisia 58 % (kuva 4). Laho ei ollut tässäkään kehittynyt pehmeäksi yhdessäkään oksassa. Oksan läpimitalla ei ollut merkitsevää vaikutusta sen lahoisuuteen (K-W: $\chi^2 = 8,99$, $p = 0,83$). Väri- tai lahovikaa aiheutti ulkopuolelleen 44 % karsituista oksista. Tällaisen vian esiintyminen oli sitä yleisempää mitä suurempi oli oksan läpimitta (kuva 4). Tässä kokeessa kaikki alle 6 mm:n oksat olivat poikkeuksellisesti kauttaaltaan lahoisia ja myös aiheuttivat lahoa ulkopuolelleen. Erityistä syytä tähän ei ilmennyt. Nämä oksat ovat saattaneet olla itse asiassa vesioksia, jotka ovat tyypillisesti pieniä ja alttiita laholle. Tähän mahdollisuuteen viittasi myös se, että yksikään näistä ei ollut aiheuttanut lahoa yläpuolelleen (luku 3.1.3).

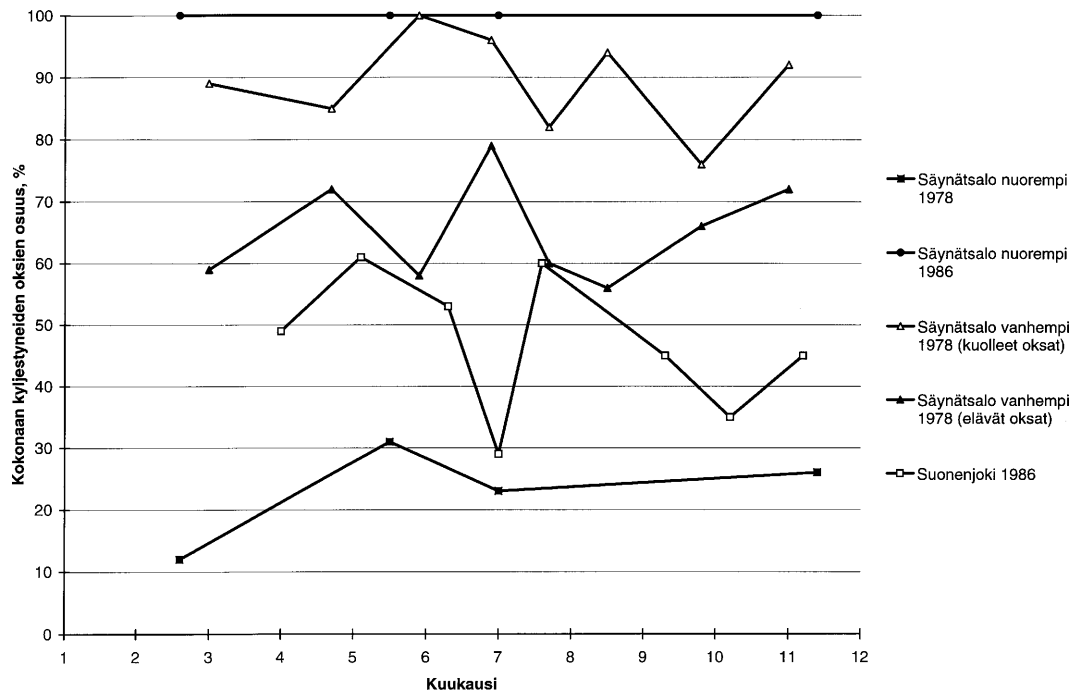
3.1.5 Väri- tai lahovian leviäminen rungon ytimeen

Säynätsalon vanhemmassa kokeessa väri- tai lahovikaa oli rungon ytimessä viiden vuoden kuluttua karsinnasta keskimäärin noin 10 mm niin kuolleina kuin elävinäkin karsittujen, korkeintaan 10 mm:n oksien kohdalla (taulukko 5). Elävinä karsittujen oksien kohdalla vika näytti olevan sitä leveämpi mitä paksumpi oksa oli. Oksan läpimitan vaikutus ei ollut kuitenkaan merkitsevää kuolleilla oksilla (K-W: $\chi^2 = 9,27$, $p = 0,32$) ja vain suuntaa antava elävillä oksilla (K-W: $\chi^2 = 27,03$, $p = 0,10$).

Säynätsalon nuoremmassa kokeessa oli väri- tai lahovikaa rungon ytimessä karsitun oksan kohdalla neljän vuoden kuluttua karsinnasta keskimäärin 20–32 mm (taulukko 5). Oksan läpimitan vaikutus ei ollut tässäkään merkitsevää (K-W: $\chi^2 = 9,55$, $p = 0,79$). Kaksitoista vuotta karsinnan jälkeen ytimen väri- ja lahoviat olivat ohuimpia karsittuja oksia lukuunottamatta keskimäärin leveämpiä kuin neljän vuoden jälkeen. Alle 16 mm:n oksien kohdalla vian leveys oli molempina ajankohtina keskimäärin 22 mm mutta näitä paksumpien oksien kohdalla 12 vuoden jälkeen 32 mm ja neljän vuoden jälkeen 26 mm. Enimmillään vikaa oli 12 vuoden jälkeen 55 mm, jolloin myöskään täysin terveitä runkoja ei ollut lainkaan. Oksan läpimitan vaikutus oli 12 vuoden jälkeenkin kuitenkin vain suuntaa antava (K-W: $\chi^2 = 26,69$, $p = 0,08$). Tässäkin tulokseen vaikutti ilmeisesti paksujen oksien havaintojen pieni lukumäärä (taulukko 3).

Säynätsalon molemmissa kokeissa väri- tai lahovikaa oli ytimessä karsittujen oksien kohdalla 4–5 vuoden kuluttua karsinnasta keskimäärin suunnilleen yhtä paljon kuin rinnankorkeudella, jossa vika oli myös leveimmillään. Vanhemmassa kokeessa vian keskimääräinen läpimitta oli kuolleina ja elävinä karsittujen oksien kohdalla rungon tyvessä 1 ja 2 mm, rinnankorkeudella molemmissa tapauksissa 11 mm ja 2,5 m:n korkeudella 6 ja 7 mm. Nuoremmassa kokeessa vian vastaavat läpimitat olivat 3, 22 ja 15 mm.

Suonenjoen kokeessa väri- tai lahovikaa oli rungon ytimessä kuuden vuoden kuluttua karsinnasta korkeintaan 10 mm:n oksien kohdalla keskimäärin vain 8 mm, 11–25 mm:n oksien kohdalla 12 mm ja



Kuva 5. Kokonaan kyljestyneiden pystykarsittujen oksien osuus karsinta-ajankohdittain eri kokeissa.

yli 25 mm:n oksien kohdalla 43 mm. Oksan läpimitan vaikutus oli myös merkitsevä (K-W: $\chi^2 = 52,56$, $p < 0,001$). Terveitä runkoja oli tässäkin kokeessa vain alle 4 %.

3.2 Karsinta-ajankohdan vaikutukset

3.2.1 Oksan kyljestyminen

Säynätsalon vanhemmassa kokeessa kuolleista oksista oli kyljestynyt kokonaan 88 % viidessä vuodessa. Kyljestyminen oli edistynyt hitaimmin syyskuussa karsittaessa, jolloin kokonaan kyljestyneitä oli 75 % ja kokonaan kyljestymättömiä vielä 16 %, kun taas kaikki toukokuussa karsitut oksat ja 96 % kesäkuussa karsituista oksista olivat kyljestyneet täydellisesti (kuva 5). Karsintakuukausien erot eivät kuitenkaan olleet yhteneväisiä, esim. heinäkuussa karsitut oksat olivat kyljestyneet suhteellisen hitaasti mutta kesä- ja elokuussa vastaavasti nopeasti. Täten karsinta-ajankohta vaikutti kuolleiden ok-

sien kyljestymiseen vain suuntaa antavasti (K-W: $\chi^2 = 10,90$, $p = 0,14$). Elävinä karsituista oksista oli kyljestynyt 65 % ja lähes joka viides oksa oli kokonaan kyljestymättä. Nopeinta kyljestyminen oli kesäkuussa karsittaessa, jolloin kokonaan kyljestyneitä oksia oli 79 %, ja hitainta helmi-, touko-, heinä- ja elokuussa karsittaessa, jolloin kokonaan kyljestyneitä oksia oli 56–60 % (kuva 5). Kesäkuu erosi kaikista em. kuukausista merkitsevästi (Tukey: $F = 4,37$, $p < 0,001$).

Säynätsalon nuoremmassa kokeessa karsitut oksat olivat kyljestyneet huomattavasti heikommin kuin vanhemmassa kokeessa, mikä johtui ilmeisesti lähinnä nuoremman kokeen oksien suuremmasta karsintaläpimitasta; ero kyljestymisajassa oli sinänsä vain yksi vuosi. Nuoremmassa kokeessa helmikuussa karsitut oksat olivat kyljestyneet vuoteen 1978 mennessä eli neljässä vuodessa selvästi muita kolmea karsinta-ajankohtaa hitaammin, kokonaan kyljestyneiden oksien osuus oli tuolloin vain 12 %, ja lisäksi helmi- ja myös heinäkuussa karsituista oksista oli suuri osa kokonaan kyljestymättä, 66 ja

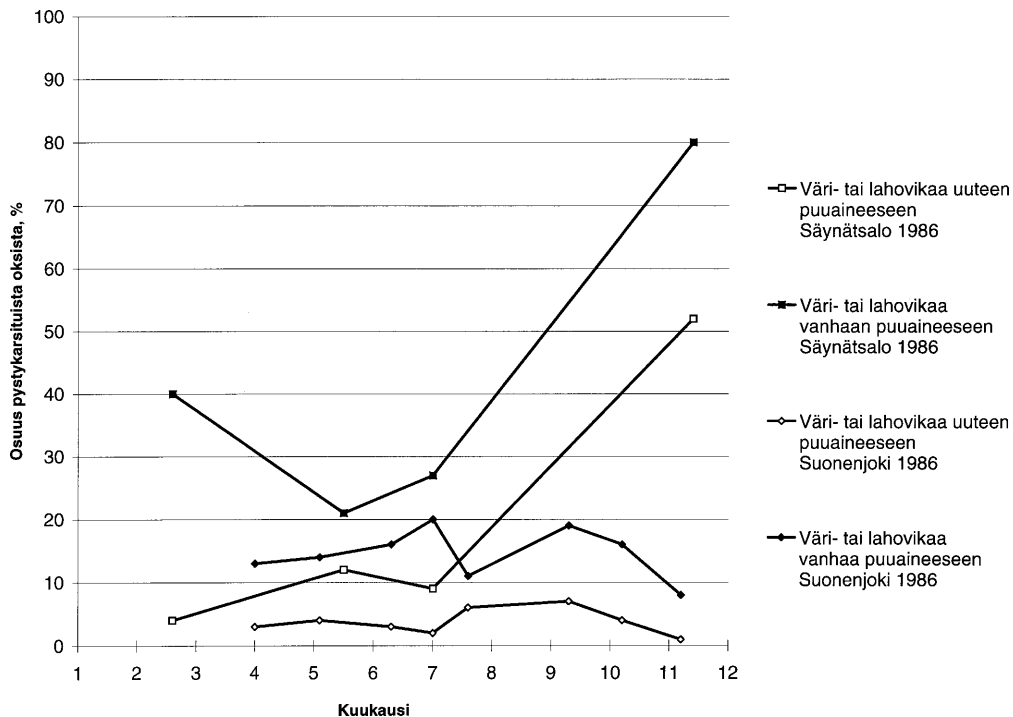
63 % (kuva 5). Nopeimmin olivat kyljestyneet toukokuussa karsitut oksat, mutta kokonaan kyljestyneiden oksien osuus oli tuolloinkin vain 31 %. Karsinta-ajankohdan vaikutus oli myös merkitsevä (K-W: $\chi^2 = 9,11$, $p = 0,03$). Kun kyljestymistä tutkittiin tässä kokeessa uudelleen 1986 eli 12 vuoden kuluttua karsinnasta, kaikki oksat olivat kyljestyneet täydellisesti.

Suonenjoen kokeessa karsitut oksat olivat kyljestyneet kuudessa vuodessa selvästi täydellisemmin kuin Säynätsalon nuoremmassa kokeessa karsitut mutta puuttellisemmin kuin vanhemmassa kokeessa karsitut. Kokonaan kyljestyneitä oksia oli vain 29 % karsittaessa kesäkuun lopussa ja myös loka-kuussa karsittujen oksien kyljestyminen oli ollut suhteellisen heikkoa, 35 % (kuva 5). Selvästi parhaimmin oksat olivat kyljestyneet karsittaessa touko- tai heinäkuussa, jolloin kokonaan kyljestyneitä oksia oli noin 60 %. Kesäkuun loppua lukuunottamatta kyljestyminen olikin tässä kokeessa kesäkuukausina karsittaessa selvästi täydellisempää kuin syyskuu-

kausina karsittaessa. Karsinta-ajankohdan vaikutus oli myös merkitsevä (K-W: $\chi^2 = 10,59$, $p < 0,001$).

3.2.2 Väri- tai lahovian leviäminen karsitusta oksasta uuteen ja vanhaan puuaineeseen

Säynätsalon nuoremmassa kokeessa 20 % karsituista oksista oli aiheuttanut 12 vuodessa väri- tai lahovikaa uuteen puuaineeseen, marraskuussa karsituista oksista joka toinen mutta helmikuussa karsituista vain 4 % (kuva 6). Marraskuu, jolloin karsinnan jälkeen oli lämmin ja sateinen sääjakso, oli myös Tukeyn testin mukaan muita tutkittuja kuukausia epäsuotuisampi karsinta-ajankohta ($F = 9,24$, $p < 0,001$). Vanhaan puuhun oli aiheuttanut väri- tai lahovikaa 44 % karsituista oksista, ja vikoja oli syntynyt tännekin selvästi useimmin marraskuussa karsittaessa, 80 prosenttiin näytteistä (kuva 6). Vanha puu oli yllättäen vikaantunut vähiten karsittaessa toukokuussa (mahla-aikaa), jolloin vain joka viides



Kuva 6. Väri- tai lahovikaa uuteen ja vanhaan puuaineeseen aiheuttaneiden pystykarsittujen oksien osuus karsinta-ajankohdittain eri kokeissa.

oksa oli aiheuttanut väri- tai lahovikaa; myös heinäkuussa karsittaessa vikaa oli syntynyt suhteellisen harvoin. Marraskuu erosi tässäkin muista karsinta-ajankohdista merkitsevästi (Tukey: $F = 8,56$, $p < 0,001$).

Suonenjoen kokeessa uuteen puuhun oli syntynyt väri- tai lahovikaa vain harvoin kuudessa vuodessa: kaikkiaan vain 4 % karsituista oksista oli aiheuttanut vikaa ja erot karsinta-ajankohtien välillä olivat pienet. Useimmin vikaa oli syntynyt karsittaessa syyskuussa, 7 %, ja harvimmin marraskuussa, jolloin karsinnan jälkeen oli ollut hyvin kuiva pakkasjakso, 1 % (kuva 6). Nämä ajankohdat erosivat toisistaan merkitsevästi (Tukey: $F = 2,12$, $p = 0,04$). Myös vanhaan puuhun oli syntynyt suhteellisen vähän vikaa, 15 prosenttiin näytteistä. Erot karsinta-ajankohtien välillä olivat tässäkin varsin pienet. Useimmin vikaa oli syntynyt karsittaessa kesäkuun lopussa ja syyskuussa, 19 ja 17 %, ja harvimmin tässäkin marraskuussa, 8 %

(kuva 6). Marraskuun ja kesäkuun lopun ero oli merkitsevä (Tukey: $F = 2,42$, $p = 0,02$).

3.2.3 Väri- tai lahovian leviäminen karsitun oksan ala- ja yläpuolelle

Säynätsalon vanhemmassa kokeessa kuolleina karsittujen oksien ala- ja yläpuolelle ei ollut viidessä vuodessa levinnyt juuri lainkaan väri- tai lahovikaa ja karsinta-ajankohtien välillä ei ollut eroja (taulukko 6). Eläviä oksia karsittaessa oksan alapuolelle oli syntynyt väri- tai lahovikaa useimmin helmi- ja elokuussa, 25 prosenttiin näytteistä, jolloin vian keskipituus oli 15 mm, ja vähiten huhti-heinäkuussa ja syys-lokakuussa, 2–6 prosenttiin näytteistä, jolloin vikaa oli keskimäärin alle 2 mm. Helmi- ja elokuu erosivat merkitsevästi muista karsinta-ajankohdista (Tukey: $F = 14,89$, $p < 0,001$). Oksan yläpuolelle aiheutti väri- tai lahovikaa joka kuudes elä-

Taulukko 6. Väri- tai lahovian keskimääräinen pituus karsitun oksan ala- ja yläpuolella karsinta-ajankohdittain Säynätsalon kokeissa.

	Vanhempi 1978, 5 a karsinnasta (kuolleet oksat)							
	28.02	22.04	29.05	Karsinta-ajankohta				30.10
				27.06	15.08	25.09		
	Väri- tai lahovian keskimääräinen pituus, mm							
Karsittuja oksia, kpl	26	27	19	22	17	16	38	26
Väri- tai lahovikaa karsitun oksan alapuolelle	0	1	0	0	0	0	0	0
Väri- tai lahovikaa karsitun oksan yläpuolelle	0	0	0	0	0	1	1	0
	Vanhempi 1978, 5 a karsinnasta (elävät oksat)							
	28.02	22.04	29.05	Karsinta-ajankohta				30.10
				27.06	22.07	15.08	25.09	
Karsittuja oksia, kpl	123	108	116	113	118	119	111	124
Väri- tai lahovikaa karsitun oksan alapuolelle	16	1	2	1	0	15	2	1
Väri- tai lahovikaa karsitun oksan yläpuolelle	18	3	1	2	1	16	5	3
	Nuorempi 1978, 4 a karsinnasta							
	Karsinta-ajankohta							
	18.02	15.05	01.07	12.11				
Karsittuja oksia, kpl		41	51	44	65			
Väri- tai lahovikaa karsitun oksan alapuolelle		38	0	1	76			
Väri- tai lahovikaa karsitun oksan yläpuolelle		28	0	6	78			

vä oksa. Kuten oksan alapuolellakin, vikaa oli eniten helmi- ja elokuussa karsittujen oksien yläpuolella, keskimäärin 16 ja 18 mm, ja vähiten touko- ja heinäkuussa karsittujen oksien yläpuolella. Myös huhti-, kesä- ja lokakuussa oksan yläpuolen väri- ja lavoviat olivat vähäisiä. Helmi- ja elokuu erosivat tässäkin merkitsevästi muista karsinta-ajankohdistista (Tukey: $F = 14,01$, $p < 0,001$).

Säynätsalon nuoremassa kokeessa marraskuussa karsituista oksista peräti 88 % oli aiheuttanut neljässä vuodessa väri- tai lahovikaa karsitun oksan alapuolelle ja vian keskipituus oli 76 mm (taulukko 6). Vähiten vikaa oli syntynyt karsittaessa touko- ja heinäkuussa, alle 10 %, jolloin vian keskipituus oli alle 1 mm. Karsinta-ajankohdan vaikutus oli myös merkitsevä (K-W: $\chi^2 = 117,14$, $p < 0,001$). Myös oksan yläpuolelle oli syntynyt eniten väri- tai lahovikaa karsittaessa marraskuussa, 91 prosenttiin näytteistä, ja vikaa oli keskimäärin 78 mm. Vähiten vikaa oli syntynyt tännekin karsittaessa

toukokuussa, vain kolmesta oksasta. Touko- ja heinäkuu erosivatkin merkitsevästi helmi- ja marraskuusta (Tukey: $F = 83,58$, $p < 0,001$).

3.2.4 Karsitun oksan lahoisuus sekä väri- tai lahovian leviäminen oksan ulkopuolelle

Säynätsalon vanhemmassa kokeessa kaikki kuolleina karsitut oksat olivat lahonneet ainakin osittain viidessä vuodessa, mutta yhdessäkään niistä ei ollut pehmeää lahoa. Kokonaan lahonneita oksia oli karsinta-ajankohdasta riippuen 64–92 %, eniten marraskuussa ja vähiten kesäkuun lopulla karsittaessa (taulukko 7). Karsinta-ajankohdalla ei ollut merkitsevää vaikutusta oksan lahoisuuteen (K-W: $\chi^2 = 9,36$, $p = 0,23$). Kaikkiaan 7 % kuolleina karsituista oksista aiheutti väri- tai lahovikaa ulkopuolelleen, elokuussa karsituista peräti 19 % mutta syyskuussa karsituista vain 3 %. Karsinta-ajankohta ei

Taulukko 7. Kokonaan lahonneiden ja väri- tai lahovikaa karsitun oksan ulkopuolelle aiheuttaneiden oksien osuus karsinta-ajankohdittain Säynätsalon kokeissa. Havaintojen lukumäärät taulukossa 6.

	Vanhempi 1978, 5 a karsinnasta (kuolleet oksat)							
	28.02	22.04	29.05	Karsinta-ajankohta				30.10
				27.06	22.07	15.08	25.09	
	Osuus karsituista oksista, %							
Kokonaan lahonneet oksat	69	85	79	64	88	81	74	92
Väri- tai lahovikaa ulkopuolelleen aiheuttaneet oksat	8	4	11	5	12	19	3	4

	Vanhempi 1978, 5 a karsinnasta (elävät oksat)							
	28.02	22.04	29.05	Karsinta-ajankohta				30.10
				27.06	22.07	15.08	25.09	
	Osuus karsituista oksista, %							
Kokonaan lahonneet oksat	76	75	63	43	34	56	41	77
Väri- tai lahovikaa ulkopuolelleen aiheuttaneet oksat	40	8	15	12	10	28	20	8

	Nuorempi 1978, 4 a karsinnasta			
	18.02	15.05	01.07	12.11
	Osuus karsituista oksista, %			
Kokonaan lahonneet oksat	88	16	11	95
Väri- tai lahovikaa ulkopuolelleen aiheuttaneet oksat	59	4	11	91

kuitenkaan vaikuttanut tähänkään merkitsevästi (K-W: $\chi^2 = 6,66$, $p = 0,46$).

Mycos kaikki elävänä karsitut oksat olivat yhtä prosenttia lukuunottamatta lahonneet ainakin osittain, mutta yhdessäkään niistäkään ei ollut pehmeää lahoa. Kokonaan lahonneita oksia oli karsinta-ajankohdasta riippuen 34–77 %, eniten loka-, helmi- ja huhtikuussa ja vähiten heinäkuussa ja keskimääräistä vähemmän myös kesä- ja syyskuussa karsittaessa (taulukko 7). Karsinta-ajankohdan vaikutus oli merkitsevä (K-W: $\chi^2 = 100,47$, $p < 0,001$). Elävinä karsittujen oksien ulkopuolelle oli levinnyt useimmin väri- tai lahovikaa helmikuussa ja keskimääräistä useammin myös elokuussa karsittaessa, 40 ja 28 prosentissa näytteistä, mutta huhti-, kesä-, heinä- tai lokakuussa karsittaessa vain noin 10 prosentissa näytteistä. Karsinta-ajankohdan vaikutus oli myös merkitsevä (K-W: $\chi^2 = 72,57$, $p < 0,001$).

Säynätsalon nuoremmassa kokeessa lahoittomana säilyneitä oksia ei ollut neljän vuoden kuluttua karsinnasta yhtenäkkään karsinta-ajankohtana juuri lainkaan. Marras- ja helmikuussa karsittaessa oli lahonnut kokonaan selvästi enemmän oksia, peräti 95 ja 88 %, kuin heinä- ja toukokuussa karsittaessa, 11 ja 16 % (taulukko 7). Näiden kahden karsinta-ajankohtaryhmän ero oli myös merkitsevä (Tukey: $F = 100,02$, $p < 0,001$). Marras- ja helmikuussa karsittaessa oli väri- tai lahovikaa myös levinnyt karsitun oksan ulkopuolelle huomattavan usein, 91 ja 59 prosentissa näytteistä, kun vastaavat osuudet olivat touko- ja heinäkuussa karsittaessa vain 4 ja 11 %. Karsinta-ajankohdan vaikutus oli tässäkin merkitsevä (K-W: $\chi^2 = 112,47$, $p < 0,001$).

3.2.5 Väri- tai lahovian leviäminen rungon ytimeen

Säynätsalon vanhemmassa kokeessa runkojen tyvisä ei ollut viisi vuotta karsinnan jälkeen touko-lokuussa karsittaessa lainkaan väri- tai lahovikoja kuolleina karsittujen oksien aineistossa ja helmihuhtikuussakin karsittaessa vain satunnaisesti (taulukko 8). Ainoastaan viidessä prosentissa kaikista näytteistä oli vikaa ja yksittäistapauksissakin vain korkeintaan 10 mm. Rinnankorkeudella väri- tai lahovikaa oli eniten helmi- ja heinäkuussa karsittaessa, keskimäärin 15 mm, ja vikoja oli heinä-

kuussa karsittaessa 94 prosentissa puista. Vähiten vikoja oli syntynyt kesäkuussa karsittaessa, keskimäärin 5 mm, jolloin niitä oli kuitenkin 64 prosentissa puista. Helmi- ja heinäkuun karsinnasta syntyneen vian läpimittaero oli merkitsevä suhteessa kesäkuun karsinnassa syntyneeseen (Tukey: $F = 3,98$, $p < 0,001$). Näytepölkyn latvassa oli väri- tai lahovikaa vajaassa 30 prosentissa tapauksista. Helmi- ja syyskuussa karsituissa rungoissa vikaa oli keskimäärin 10 mm, kun sitä muina ajankohtina oli vain 4–5 mm. Tämä ero oli myös merkitsevä (K-W: $\chi^2 = 16,26$, $p = 0,02$). Oksan kohdalla väri- tai lahovikaa oli rungon ytimessä vähiten kesäkuussa karsituissa rungoissa, keskimäärin 4 mm, ja eniten helmikuussa karsituissa rungoissa, keskimäärin 15 mm.

Elävinä karsittujen oksien aineistossa kaikkiaan 10 prosentissa runkoja oli väri- tai lahovikaa tyvessä. Touko-heinäkuussa ja syyskuussa karsituista elävistä oksista ei ollut levinnyt lainkaan vikoja runkojen tyviin, mutta elokuussa karsittaessa vikaa oli keskimäärin 6 mm (taulukko 8). Elokuisen karsinnan ero muihin karsinta-ajankohtiin oli merkitsevä (Tukey: $F = 14,49$, $p < 0,001$). Rinnankorkeudella väri- tai lahovikaa oli kaikissa rungoissa, eniten helmi- ja elokuussa karsittaessa, jolloin sitä oli keskimäärin 18 mm, ja vähiten kesäkuussa karsittaessa, jolloin sitä oli keskimäärin 6 mm. Karsinta-ajankohdan vaikutus oli merkitsevä (K-W: $\chi^2 = 137,30$, $p < 0,001$). Näytepölkyn latvassa väri- tai lahovikaa oli eniten helmikuussa karsittaessa, keskimäärin 12 mm, ja vähiten heinäkuussa karsittaessa, keskimäärin 2 mm. Helmikuussa karsittujen runkojen näytteistä sisälsi kolme neljäsosaa väri- tai lahovikaa ja muina kuukausina karsittujen runkojen näytteistä vajaa puolet. Karsinta-ajankohdan vaikutus oli tässäkin merkitsevä (K-W: $\chi^2 = 118,87$, $p < 0,001$). Oksan kohdalla väri- tai lahovikaa oli rungon ytimessä eniten helmi- ja elokuussa karsituissa rungoissa, keskimäärin 16 ja 17 mm, mutta kesäkuussa karsituissa rungoissa vain 5 mm. Karsinta-ajankohdan vaikutus oli tässäkin merkitsevä (K-W: $\chi^2 = 121,61$, $p < 0,001$).

Säynätsalon nuoremmassa kokeessa runkojen tyvisä oli neljä vuotta karsinnasta eniten väri- tai lahovikoja marraskuussa karsittaessa, tällöinkin kuitenkin keskimäärin vain 9 mm, mutta monien runkojen tyvet olivat myös täysin virheettömiä (taulukko 8). Helmikuusen karsinnan seurauksena vikaa oli

Taulukko 8. Väri- tai lahovian keskimääräinen suurin leveys rungon ytimessä puun tyvessä, rinnankorkeudella (1,3 m), pölkyn latvassa (2,5 m) ja oksan kohdalla karsinta-ajankohdittain Säynätsalon kokeissa.

Korkeusasema	Vanhempi 1978, 5 a karsinnasta (kuolleet oksat)							
	28.02		22.04		29.05		Karsinta-ajankohta	
	27.06	22.07	15.08	25.09	30.10			
Väri- tai lahovian keskimääräinen suurin leveys rungon ytimessä, mm								
Puun tyvi	1	2	0	0	0	0	0	0
1,3 m	15	10	11	5	15	12	11	9
2,5 m	10	4	4	4	5	4	10	5
Oksan korkeus	15	10	11	4	12	10	11	11

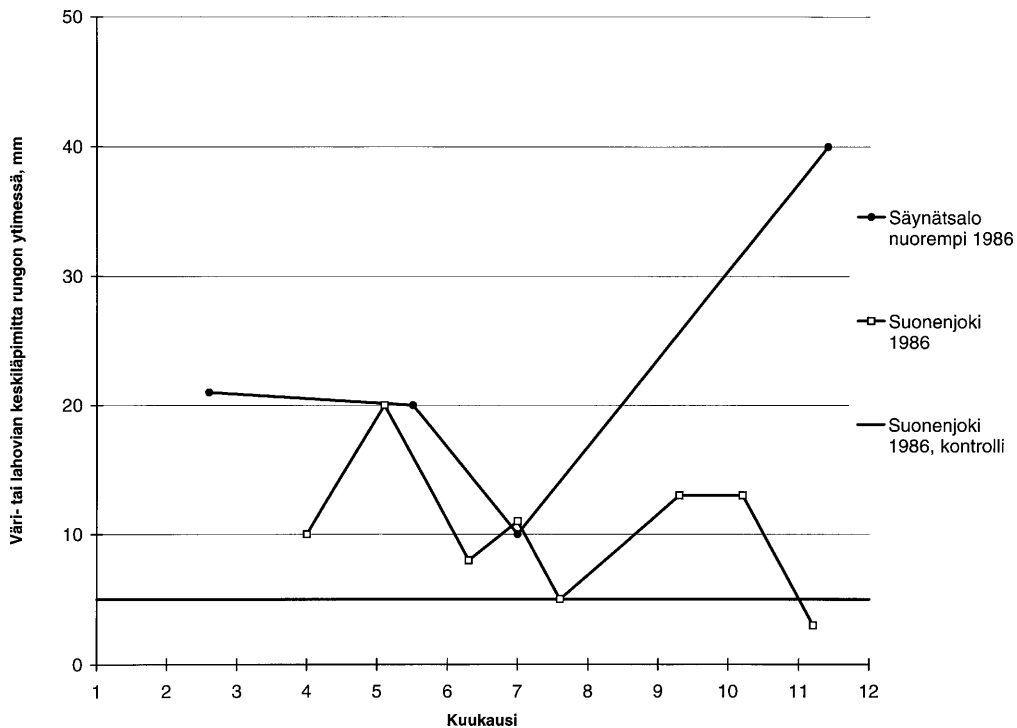
Korkeusasema	Vanhempi 1978, 5 a karsinnasta (elävät oksat)							
	28.02		22.04		29.05		Karsinta-ajankohta	
	27.06	22.07	15.08	25.09	30.10			
Väri- tai lahovian keskimääräinen suurin leveys rungon ytimessä, mm								
Puun tyvi	3	2	0	0	0	6	0	1
1,3 m	19	9	10	6	9	17	10	9
2,5 m	12	7	5	7	2	8	7	4
Oksan korkeus	17	10	10	5	7	16	10	9

Korkeusasema	Nuorempi 1978, 4 a karsinnasta				
	18.02		Karsinta-ajankohta		
	15.05	01.07	12.11		
Väri- tai lahovian keskimääräinen suurin leveys rungon ytimessä, mm					
Puun tyvi		2	0	0	9
1,3 m		17	11	5	45
2,5 m		7	4	1	38
Oksan korkeus		23	10	9	44

keskimäärin vain 2 mm ja touko- ja heinäkuussa karsittujen runkojen tyvet olivat täysin virheettömiä. Marraskuisen karsinnan ero muihin karsinta-ajankohtiin oli merkitsevä (Tukey: $F = 30,87$, $p < 0,001$). Rinnankorkeudella väri- tai lahovikaa oli huomattavasti enemmän kuin rungon tyvessä. Heinäkuussa karsittaessa sitä oli keskimäärin vain 5 mm, mutta marraskuussa karsittaessa peräti 45 mm ja jokaisessa rungossa vähintään 20 mm. Karsinta-ajankohdan vaikutus oli myös merkitsevä (K-W: $\chi^2 = 134,49$, $p < 0,001$). Näytepölkyn latvassa väri- tai lahovikaa oli vain 11 prosentissa näytteistä. Eniten vikaa oli marraskuussa karsittaessa, keskimäärin 38 mm, jolloin vikaa oli peräti 83 prosentissa näytteistä, ja vä-

hiten heinäkuussa karsittaessa, keskimäärin vain 1 mm. Marraskuisen karsinnan ero muihin karsinta-ajankohtiin oli tässäkin merkitsevä (Tukey: $F = 110,13$, $p < 0,001$). Oksan kohdalla väri- tai lahovikaa oli rungon ytimessä eniten marraskuussa karsituissa rungoissa, keskimäärin 44 mm ja lisäksi jokaisessa näytteessä, ja vähiten touko- ja heinäkuussa karsituissa rungoissa, keskimäärin 10 mm. Karsinta-ajankohdan vaikutus oli myös merkitsevä (K-W: $\chi^2 = 124,44$, $p < 0,001$).

Säynätsalon nuoremman kokeen jokaisessa rungossa oli väri- tai lahovikaa ytimessä 1–1,5 m:n korkeudella, eniten karsittaessa marraskuussa, keskimäärin 40 mm, ja vähiten karsittaessa heinäkuus-



Kuva 7. Rungon ytimen väri- tai lahovian suurimman leveyden keskiarvo pystykarsinta-ajankohdittain eri kokeissa.

sa, keskimäärin 10 mm (kuva 7). Marraskuisen karsinnan ero muihin karsinta-ajankohtiin oli myös merkitsevä (Tukey: $F = 16,38$, $p < 0,001$).

Suonenjoen kokeessa oli eniten ytimestään 1–2 m:n korkeudelta väri- tai lahovikaisia runkoja karsittaessa toukokuussa eli mahla-aikaan, jolloin vikaa oli keskimäärin 20 mm ja 95 % karsituista rungoista oli vikaisia, ja vähiten karsittaessa heinä- ja marraskuussa, jolloin vikaa oli keskimäärin vain 3–5 mm eli yhtä paljon kuin kontrollina olleissa karsimattomissa rungoissa (kuva 7). Toukokuuisen karsinnan ero muihin karsinta-ajankohtiin oli merkitsevä (Tukey: $F = 23,22$, $p < 0,001$).

3.2.6 Väri- ja lahovikojen vaikutukset rungon sorvattavan osan laatuun

Väri- ja lahoviat vaikuttavat sorvattavan viilun laatuun ja arvoon, kun

- 1) rungon ytimestä oleva väri- tai lahovika ulottuu

purilaan ulkopuolelle (purilaan paksuudeksi oletetaan tässä 50 mm)

- 2) karsitusta oksasta leviää väri- tai lahovikaa ennen karsintaa syntyneeseen vanhaan puuaineeseen
- 3) karsitusta oksasta leviää väri- tai lahovikaa karsinnan jälkeen syntyneeseen uuteen puuaineeseen.

Näiden kriteerien perusteella selvitettiin kokeittain, kuinka suuressa osassa karsittuja runkoja väri- tai lahoviat alensivat sorvattavan viilua arvoa eri ajan-kohtina karsittaessa (taulukko 9).

Säynätsalon vanhemmassa kokeessa kaikkien arvosta alentuneiden runkojen osuus oli 40 % viisi vuotta karsinnan jälkeen. Arvon aleneminen oli yleisintä helmi-, kesä- ja elokuussa karsittaessa, jolloin joka toisessa rungossa oli arvoa alentavia vikoja, ja harvinaisinta syys- ja lokakuussa karsittaessa, jolloin tällaisia vikoja oli silti joka viidennessä ja neljännessä rungossa (taulukko 9). Karsinta-ajankohdan vaikutus ei ollut kuitenkaan merkitsevä (K-W: $\chi^2 = 5,96$, $p = 0,54$).

Taulukko 9. Pystykarsinnasta aiheutuneiden laho- ja värivikojen vuoksi arvoltaan alentuneiden runkojen osuudet karsinta-ajankohdittain eri kokeissa.

	28.02	22.04	Karsinta-ajankohta				25.09	30.10
			29.05	27.06	22.07	15.08		
	Arvoltaan alentuneet rungot, %							
Säynätsalo vanhempi 1978, 5 a karsinnasta	54	36	36	54	36	54	18	27
	18.02	15.05	Karsinta-ajankohta		01.07	12.11		
			08.06	30.06				
	Arvoltaan alentuneet rungot, %							
Säynätsalo nuorempi 1978, 4 a karsinnasta			100	0	20	100		
Säynätsalo nuorempi 1986, 12 a karsinnasta			80	60	60	100		
	30.03	04.05	Karsinta-ajankohta				06.10	07.11
			08.06	30.06	17.07	09.09		
	Arvoltaan alentuneet rungot, %							
Suonenjoki 1986, 6 a karsinnasta	43	36	49	61	41	62	43	31

Säynätsalon nuoremmassa kokeessa kaikkien arvoltaan alentuneiden runkojen osuus oli 55 % neljä vuotta karsinnan jälkeen ja 70 % 12 vuotta karsinnan jälkeen. Jokaisessa helmi- ja marraskuussa karsinturungossa oli arvoa alentavia vikoja neljä vuotta karsinnan jälkeen, kun taas heinäkuussa karsituista vain 20 prosenttia ja toukokuussa eli mahla-aikaan karsituista ei yhdenkään arvo ollut alentunut (taulukko 8). Touko- tai heinäkuussa karsittaessa arvon aleneminen olikin merkitsevästi harvinaisempaa kuin helmi- tai marraskuussa karsittaessa (Tukey: $F = 27,67$, $p < 0,001$). Karsinnasta 12 vuoden jälkeen tutkituista rungoista oli touko- ja marraskuussa karsittu keskimäärin paksumpia oksia kuin helmi- ja heinäkuussa, mutta tämä ei näkynyt tuloksissa (taulukko 8). Siten karsitun oksan läpimitta ei vaikuttanut tässä olennaisesti runkojen arvon alenemiseen. Karsinta-ajankohtien erot eivät olleet myöskään merkitseviä (K-W: $\chi^2 = 2,79$, $p = 0,43$).

Suonenjoen kokeessa ei voitu vertailla karsintatomiin ja karsittujen runkojen väri- ja lahovikaantumisen aiheutunutta arvon alenemistä, sillä luontaisesti karsiutuneista rungoista oli tutkittu vain rungon ytimen viat (luku 2.2). Tällä perusteella arvo oli alentunut 18 prosentissa luontaisesti karsiutu-

neita runkoja. Karsituista rungoista todettiin kaikkiaan 46 prosentissa arvon alenemistä eri syistä kuusi vuotta karsinnan jälkeen. Arvoltaan alentuneiden runkojen osuus oli suurin kesäkuun lopulla ja syyskuussa karsittaessa, noin 60 %, ja pienin marraskuussa ja toukokuussa karsittaessa, 31 ja 36 % (taulukko 9). Karsinta-ajankohdan vaikutus oli kuitenkin vain suuntaa antava (K-W: $\chi^2 = 13,57$, $p = 0,06$).

4 Tulosten tarkastelu

Tämän tutkimuksen aineisto edustaa puuston tiheyden ja taimikonhoidon puolesta normaaleja pelto- maiden rauduskoivuviljelyksiä Etelä-Suomessa. Alkuperät kuitenkin vaihtelivat ja lannoituskäsittelyt poikkesivat normaaleista. Koepuut oli kaadettu harvennushakkuissa, jotka olivat Säynätsalon kokeissa puuston tilajärjestyksen huomioonottaneita systemaattisia harvennuksia ja Suonenjoen kokeessa alaharvennuksia. Täten jälkimmäisessä koepuut olivat metsikön keskimääräisiä puita ja varsinkin va-

neripuiksi ensisijaisia päävaltapuita pienempiä. Tämä on otettava huomioon arvioitaessa kokeen tuloksia, koska sekä kyljestyminen että väri- ja lahovikojen syntyminen riippui karsittavien oksien läpimitasta. Tämä taas oli koepuissa ilmeisesti pienempi kuin varsinkin päävaltapuissa, koska koivun oksan läpimitat ovat säännöllisesti sitä suurempia mitä paksumpi on puu.

Tuloksia väri- ja lahovikaantumisen eroista eri alkuperissä ja lannoituskäsittelyissä ei esitetty erikseen tässä julkaisussa, koska vaikutukset olivat työn pohjana olleessa Rintalan (1995) tutkimuksessa hyvin vähäisiä. Lisäksi kokeiden neljällä alkuperällä ei voida vielä varsinaisesti tutkia perimän vaikutuksia.

Raulon (1979) tutkimuksessa alkuperäsiirroilla ei ollut merkitystä rauduskoivun laatuominaisuuksiin, mikäli siirtomatka oli alle 200 km tai teollisten lämpösummien ero oli alle 250 dd. Tässä tutkimuksessa siirtomatka oli etelä-pohjoissuunnassa alle 100 km. Rintalan (1995) mukaan karsittujen oksien kyljestyminen sekä väri- tai lahovian leviäminen oksasta sivulle uuteen ja vanhaan puuhun eivät eronneet alkuperien välillä. Rungon ytimessä väri- tai lahovikaa oli runsaimmin Enon alkuperällä, mikä saattoi johtua pienistä ja erikokoisista otoksista vähän ja runsaasti väri- tai lahovikaa aiheuttaneina karsinta-ajankohtina. Alkuperien erot olisivat todennäköisesti olleet havaittuja pienemmät, mikäli aineisto olisi ollut suurempi ja tasaisemmin jakautunut karsinta-ajankohdittain.

Lannoituskäsittelyt vaikuttivat Rintalan (1995) tutkimuksessa vain vähän tai eivät lainkaan tuloksiin. Fosterin (1968) sekä Hesterbergin ja Jurgensenin (1972) mukaan sieni-infektion eteneminen puussa saattaa nopeutua, mikäli maassa on runsaasti typpeä. Rintalan (1995) tutkimuksessa lannoitus ei lisännyt puun lahoalttiutta ja siten väri- tai lahovian leviämistä karsitusta oksasta uuteen ja vanhaan puuhun eikä myöskään rungon ytimeen. Lannoituksen ansiosta puun läpimitan kasvu kiihtyy, jolloin mm. karsintajäljet umpeutuvat nopeammin (esim. Raulo 1981). Rauduskoivulla kasvun nopeutuminen on kuitenkin melko vähäistä, sillä lannoituksen vaikutus kestää vain muutaman vuoden (Viro 1974, Puro 1982).

Vioituksista ja karsintahaavoista alkava värimuutos voi olla bakteerien, sienten, puun puolustus-

reaktion tai näiden yhdessä aiheuttama (Shigo 1965, Trockenbrodt ja Liese 1991). Yleisimmin rauduskoivun väriastian mikrobisto on koostunut *Phialophora fastigiata* Conant (Cole ja Kendrick 1973) ja *Phialemonium*-tyypin (Gams ja McGinnis 1983) sienistä ja erilaisista bakteereista, joista useimmat kuuluvat *enterobakteereihin* (Hallaksela 1995). Uusimmissa tutkimuksissa istutusrauduskoivun väriastian muuttuneessa puuaineessa ei ole esiintynyt juuri lainkaan lahottajasieniä, mutta väriastian muuttumattomillakin alueilla esiintyvät bakteerit ovat olleet yleisiä (Hallaksela ja Niemistö 1998). Puun puolustusreaktiot tapahtuvat vain kasvukauden aikana aiheuttaen mm. värimuutoksina näkyviä kemiallisia reaktioita, esim. hapettumista (Shigo 1965, Wilhelmssen 1975, Kärkkäinen 1985, Uotila 1994).

Tässä tutkimuksessa eri ajankohtina karsitut, pienimmät ja suurimmat oksat olivat keskimäärin yhtä paksuja eri kokeissa. Poikkeuksena oli Säynätsalon nuorempi koe, jossa vuonna 1986 mitatut, touko- ja marraskuussa karsitut oksat olivat paksumpia kuin muina ajankohtina karsitut. Eniten väri- tai lahovikaa levisi uuteen ja vanhaan puuhun sekä rungon ytimeen marraskuussa, vikariski oli pienimmillään toukokuussa mutta touko- ja marraskuu eivät olleet kyljestymisen perusteella helmi- ja heinäkuuta epäsuotuisampia karsinta-ajankohtia (taulukko 10). Täten oksien erilaisilla läpimitoilla eri karsinta-ajankohtina ei ollut ratkaisevaa vaikutusta tuloksiin. Karsinta-ajankohdtien erot olisivat saattaneet olla havaittuja suurempia, jos tutkimuksessa olisi karsittu myös yli 10 mm:n kuolleita ja yli 30 mm:n eläviä oksia. Pystykarsintaohjeissa koivuista on suositeltu karsittavan lähteestä riippuen korkeintaan 10–30 mm:n eläviä oksia (Lappi-Seppälä 1937, Ilvessalo ja Laitakari 1949, Kalela 1950, Heikinheimo 1953, Heiskanen 1958, Raulo 1981, Vuokila 1982).

Oksahaavojen umpeutumisesta saadut tulokset osoittivat, että alle 10 mm:n oksia karsittaessa virheetöntä puuta alkaa muodostua jo muutama vuosi karsinnan jälkeen. Tämä koski sekä kuolleina että elävinä karsittuja oksia. Koivun pienehköiden kuolleiden oksien karsimisen on myös aikaisemmissa tutkimuksissa havaittu olevan vaaratonta (Lappi-Seppälä 1934, 1937, Kalela 1950, Heikinheimo 1953, Heiskanen 1958, Sairanen 1985). Tämän tutkimuksen perusteella yli 20 mm:n elävien oksien

Taulukko 10. Yhteenveto pystykarsinta-ajankohdan tilastollisesti merkitsevästä vaikutuksesta kyljestymiseen ja karsintavikoihin eri kokeissa ($p < 0,05$). Vaikutuksen suunta: + edullinen, – haitallinen.

	Pystykarsinta-ajankohta											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Säynätsalo nuorempi 1978		18.02			15.05		01.07					12.11
Kyljestyminen		–			+							
Väri- tai lahovikaa oksan alapuolella		–			+		+					–
Väri- tai lahovikaa oksan yläpuolella		–			+		+					–
Karsitun oksan lahoisuus		–			+		+					–
Väri- tai lahovikaa oksan ulkopuolella		–			+		+					–
Väri- tai lahovikaa rungon tyvessä ¹		+			+		+					–
Väri- tai lahovikaa rinnankorkeudella ¹							+					–
Väri- tai lahovikaa pölkyn latvassa ¹		+			+		+					–
Väri- tai lahovikaa oksan kohdalla ¹					+		+					–
Säynätsalo nuorempi 1986		18.02			15.05		01.07					12.11
Kyljestyminen		+			+		+					+
Väri- tai lahovikaa uudessa puuaineessa		+			+		+					–
Väri- tai lahovikaa vanhassa puuaineessa		+			+		+					–
Väri- tai lahovikaa rungon ytimessä ¹		+			+		+					–
Säynätsalo vanhempi 1978 (kuolleet oksat)		28.02		22.04	29.05	27.06	22.07	15.08	25.09	30.10		
Kyljestyminen												
Väri- tai lahovikaa oksan alapuolella												
Väri- tai lahovikaa oksan yläpuolella												
Karsitun oksan lahoisuus												
Väri- tai lahovikaa oksan ulkopuolella												
Väri- tai lahovikaa rungon tyvessä ¹				–	+	+	+	+	+	+		+
Väri- tai lahovikaa rinnankorkeudella ¹						+	–					
Väri- tai lahovikaa pölkyn latvassa ¹												
Väri- tai lahovikaa oksan kohdalla ¹						+	–		–	–		
Säynätsalo vanhempi 1978 (elävät oksat)		28.02		22.04	29.05	27.06	22.07	15.08	25.09	30.10		
Kyljestyminen		–			–	+	–	–				
Väri- tai lahovikaa oksan alapuolella		–		+	+	+	+	–	+	+		
Väri- tai lahovikaa oksan yläpuolella		–		+	+	+	+	–	+	+		
Karsitun oksan lahoisuus		–		–		+	+		+	–		
Väri- tai lahovikaa oksan ulkopuolella		–		+		+	+	–		+		
Väri- tai lahovikaa rungon tyvessä ¹		–		+	+	+	+	–	+	+		
Väri- tai lahovikaa rinnankorkeudella ¹		–				+		–				
Väri- tai lahovikaa pölkyn latvassa ¹		–			+		+			+		
Väri- tai lahovikaa oksan kohdalla ¹		–				+		–				
Suonenjoki 1986			30.03		04.05	08.06	30.06	17.07		09.09	06.10	07.11
Kyljestyminen					+	+	–	+		–	–	
Väri- tai lahovikaa uudessa puuaineessa									–			+
Väri- tai lahovikaa vanhassa puuaineessa							–					+
Väri- tai lahovikaa rungon ytimessä ¹					–	+	–	+		–	–	+

¹ Rungon ytimessä havaitut viat voivat johtua myös muista syistä kuin pystykarsinnasta

karsinta ei ole suositeltavaa, sillä oksahaavojen umpeutuminen on hidasta ja virheetöntä pintapuuta alkaa muodostua vasta vuosien, jopa vuosikymmenen kuluttua kyljestymisestä. Tähän tai jopa ankarampaan läpimittarajaan ovat elävien oksien karsinnan osalta päätyneet myös Heiskanen (1958), Raulo (1979) ja Vuokila (1976, 1982). Heikkilä ym. (1993) havaitsivat koivun latvakatkoja tutkissaan vauriokohtien kyljestyvän hitaasti, jos katkeamiskohdan läpimitta oli yli 10 mm.

Elinvoimainen puu pystyy kyljestämään oksahaavat nopeasti (mm. Lappi-Seppälä 1934, 1937, Mayer-Wegelin 1952, Krotkevic 1955, Heiskanen 1958, Vuokila 1976, 1982, Arvidsson 1991). Suomenjoen kokeessa rinnankorkeusläpimitan kasvu olikin paras kyljestymistä selittävä tekijä. Koska oksan läpimitta korreloi yleensä positiivisesti puun läpimitan kasvun kanssa, oksan paksuudesta johtuvat erot saattoivat tässä tutkimuksessa pohjimmiltaan johtua eroista puun kasvunopeudesta. Tulokset eivät sinänsä tukeneet tätä väitettä, mikä saattoi johtua karsinnan jälkeisen kasvunopeuden pienestä vaihtelusta.

Myös karsinta-ajankohta vaikutti selvästi karsitun oksan kyljestymiseen. Toukokuussa ja kesällä karsittujen oksien haavat umpeutuivat nopeimmin, koska jälsi alkoi tällöin välittömästi tuottaa uutta puuta haavan kohdalle (taulukko 10). Poikkeuksena tähän sääntöön olivat elävät oksat Säynätsalon vanhemmassa kokeessa, jotka olivat umpeutuneet toukokuussa karsittaessa hitaammin kuin kesällä karsittaessa. Keskikesä on eräiden lähteiden mukaan suositeltava karsinta-ajankohta koivulle (Kalela 1950, Heikinheimo 1953, Raulo 1981), mutta toiset lähteet eivät pidä kesää parhaimpana mahdollisena (Heikinheimo 1936, Lappi-Seppälä 1937, Krotkevic 1955). Mm. Schöningh (1935), Heikinheimo (1936), Ilvessalo ja Laitakari (1949), Mayer-Wegelin (1952), Heiskanen (1958) ja Vuokila (1976, 1982) toteavat, että karsimista on vältettävää ns. mahla-aikana, koska nila irtoaa tällöin helposti.

Tässä tutkimuksessa oksahaavojen kyljestyminen oli hitainta yleensä syksyllä karsittaessa ja syyskesällä ja syksyllä karsimiseen liittyi suuri väri- ja lahovikariski (taulukko 10). Syksyllä syntyneiden oksahaavojen umpeutuminen voi alkaa vasta seuraavana keväänä, jolloin jälleen toiminta ja puun puolustusreaktiot alkavat (Uotila 1994). Raulon

(1981) mukaan syksyllä karsimista tulisi välttää suuren värivikojen syntymisen todennäköisyyden vuoksi.

Pystykarsinnasta seuraavista laho- ja väri vioista on eniten merkitystä karsinnan jälkeen syntyneeseen uuteen puuhun leviävillä vioilla, koska ne turmelevat muuten virheetöntä, pölkyn pintaosista saatavaa puuainesta. Tällaista vikaa levisi alle 20 mm:n läpimittaisina karsituista oksista hyvin vähän mutta näitä suuremmista oksista runsaasti, varsinkin Säynätsalon nuoremmassa kokeessa. Tämä oli aiempiin tutkimuksiin verrattuna uutta, sillä niissä laho ei ollut laajentunut yhdessäkään tapauksessa karsitusta tai keinotekoisesti katkaistusta oksasta uuteen puuhun (Heikinheimo 1953, Heiskanen 1958, 1966, Vuokila 1976, Heikkilä ym. 1993).

Karsitusta oksasta levisi vikaa ytimeen päin paljon useammin ja laajemmalle kuin pintaan päin. Yli 20 mm:n oksat aiheuttivat monin verroin enemmän väri- tai lahovikaa vanhaan puuhun kuin alle 20 mm:n ja varsinkin alle 10 mm:n oksat. Tälläkin perusteella tulee välttää yli 20 mm:n oksien karsimista, mutta alle 10 mm:n oksia voidaan hyvin karsia puun terveyttä vaarantamatta.

Säynätsalon nuoremmassa kokeessa, jossa pystykarsinnasta oli kulunut 12 vuotta, väri- tai lahovikaa oli rungon ytimessä selvästi enemmän kuin Suomenjoen kokeessa, jossa pystykarsinnasta oli kulunut 6 vuotta. Väri- tai lahovian määrä rungon ytimessä saattaakin lisääntyä ajan myötä (Schöningh 1935, Mayer-Wegelin 1952, Heiskanen 1958, Ferm 1990). Toisaalta istutusrauduskoivun ikä ei vaikuta Hallakselan ja Niemistön (1998) mukaan suoraan värivikojen määrään, mutta niiden läpimitta kasvaa iän myötä. Tässä tutkimuksessa vikaa oli erityisesti rungoissa, joista oli karsittu yli 20 mm:n oksia (vrt. Heiskanen 1958). Rungon ytimen väri- tai lahovian yhteyttä pystykarsintaan ei voitu osoittaa. On myös esitetty oletuksia, että väri- tai lahovikariski riippuisi kasvukauden tehollisesta lämpösummasta. Tämän työn pohjana olleessa Rintalan (1995) tutkimuksessa karsinnan jälkeisen kasvukauden lämpösumma ei kuitenkaan vaikuttanut vikojen syntymiseen.

Tässä tutkimuksessa väri- tai lahovian leveys rungon ytimessä oli yli 20 mm 20 prosentissa ja yli 50 mm 5 prosentissa näytteistä. Karsimattomien istutusrauduskoivujen ytimessä oli värikkä Hallaksel-

alla ja Niemistöllä (1998) joka kolmannessa rungossa vähintään 20 mm ja Hallakselalla (1995) 15 prosentissa rungoista 40–60 mm. Heiskasella (1958) joka kolmannessa luonnonsyntyisessä, luontaisesti karsituneessa koivussa oli värivikaa ytimessä.

Suonenjoen kokeessa väri- tai lahovikaa oli rungon ytimessä eniten toukokuussa ja vähiten heinä- ja marraskuussa karsituissa rungoissa, mutta vikaa oli karsimattomissa rungoissa kuitenkin enemmän kuin marraskuussa karsituissa. Täten karsimisella ei ollut tässäkään ehdotonta yhteyttä väri- tai lahovian esiintymiseen ytimessä (vrt. Hallakselalla ja Niemistön 1998). Karsitun oksan läpimitta tai laatu eivät vaikuttaneet rungon ytimen väri- tai lahovikaisuuteen millään tutkitulla korkeudella, mikä sekä viittasi siihen, että rungon ytimen viat saavat alkunsa muutakin kautta kuin oksista tai oksahaavoista. Mm. Heikinheimo (1915), Kahiluodon ja Talvenheimon (1947), Tikan (1949), Heiskasen (1957), Mielikäinen (1985) ja Fermin (1990) mukaan koivikossa on aina osa puista lahovikaisia. Heiskasen (1957) laajassa, eri-ikäisiä luonnonkoivuja käsittäneessä tutkimuksessa rungon ytimen väri- tai lahovian tärkein synty tapa oli juuriston kautta runkoon nouseva, maannousematyypinen laho. Tällaisen lahon osuus puuaineesta havaituista lahotapauksista oli kivennäismailla 43 %, kun luontaisesti katkenneista oksista oli saanut alkunsa 12 %, karsituista oksista 5 % ja erilaisista pintavioista 40 %.

Tässä tutkimuksessa rungon ytimen väri- tai lahovikaa oli kannonkorkeudella joka kymmenennessä karsitussa puussa, kun sitä oli Hallakselan ja Niemistön (1998) tutkimuksessa kolmessa neljästä karsimattomasta istutusrauduskoivusta. Rinnankorkeudella vikaa oli molemmissa tutkimuksissa 70 prosentissa rungoista. Näytepölkyn latvassa eli 2,5 m:n korkeudella vikaa oli tässä tutkimuksessa 40 prosentissa näytteistä, kun vastaava osuus oli Hallakselalla ja Niemistöllä (1998) 60 %.

Sieni-, bakteri- ym. infektiot leviävät koivurungossa ja -pölkkyssä puuaineen rakenteen vuoksi helpommin pituus- kuin poikkisuunnassa (Hakkila ym. 1970, Pekkala ja Uusvaara 1980, Rayner ja Boddy 1988, Verkasalo 1993). Väri- tai lahovikaa levisikin tässä tutkimuksessa runsaasti rungon pituus-suunnassa karsitun oksan ala- ja yläpuolelle. Alle 10 mm:n oksien karsintaan liittyi tässäkin suhteessa

melko vähäinen riski vikaantumisesta, sillä vian keskipituus oli karsitun oksan ala- ja yläpuolella Heiskasen (1958) tutkimuksen tavoin vain 3–4 mm. Yli 15 mm:n elävien oksien karsimista, josta oli seurannut keskimäärin 35 mm:n oksan ala- tai yläpuolinen vika, tulisi sitä vastoin välttää. Ohuimpien oksien kohdalla väri- tai lahovikaa oli Säynätsalon nuoremmassa kokeessa enemmän kuin vanhemmassa, mutta nuoremman kokeen aineisto oli suppea. Karsinta-ajankohdan vaikutuksessa oli huomattavia eroja kokeiden välillä. Laho- ja väri-koja ei syntynyt juuri lainkaan oksan ylä- tai alapuolelle karsittaessa kuolleita oksia tai sitten eläviä oksia keväällä ja kesällä (taulukko 10).

Puuaineen sisään jääneistä karsituista oksista 96 % oli ainakin osittain lahoja, mikä oli pitkälti sama tulos kuin Heiskasella (1958). Karsitun oksan läpimitalla, laadulla tai karsinta-ajankohdalla ei ollut vaikutusta oksan lahoisuuteen (taulukko 10). Kuolleina karsituista oksista levisi väri- tai lahovikoja oksan ympäristöön hieman vähemmän kuin eläviä oksista. Lisäksi tällaisia vikoja oli suhteellisen vähän, kun karsittiin alle 10 mm:n oksia. Jo 15 mm:n elävien oksien karsiminen lisäsi huomattavasti vikoja oksan ulkopuolella, kuten oli myös Heiskasen (1958) kokeessa. Eläviä oksia karsittaessa oksan heiluminen saattaa aiheuttaa nilan vahingoittumisen ja haavan muodostumisen, jolloin väri- tai lahovian syntymisen todennäköisyys kasvaa (Heiskanen 1958, Vuokila 1968, 1976).

Kokonaisuutena pystykarsinnasta aiheutuneet väri- ja lahoviat alensivat tässä tutkimuksessa koivujen arvoa vaneriteollisuudessa käytön kannalta varsin suurella osalla aineistoa, 46–70 prosentissa rungoista kokeesta riippuen, vaikka karsinnasta oli kulunut vain 4–12 vuotta. Yhdessäkään tapauksessa kysymys ei ollut kuitenkaan pehmeästä lahosta, mikä esiintyessään estäisi teknillisen käytön viiluun tai vaneriin. Viulun kaupallinen laatuluokka olisi kuitenkin alentunut kaikissa em. runkojen arvonn alenemisen tapauksissa. Tämä olisi puolestaan estänyt käytön muuten arvokkaimpiin tuotteisiin, joiden koivuraaka-aineesta on selvää puutetta mekaanisessa puuteollisuudessa. – Tässä suhteessa on erityisen suuri merkitys karsinnan jälkeen syntyneeseen uuteen puuhun levinneillä, muuten virheetöntä puuainesta turmelevilla laho- ja väri-koilla. Niitä oli Suonenjoen kokeessa kuusi vuotta karsinnasta 4 prosen-

tissa runkoja ja Säynätsalon vanhemmassa kokeessa 12 vuotta karsinnasta 20 prosentissa runkoja.

Tämän tutkimuksen aineistot muodostaneita keskokokeita tullaan jatkossa seuraamaan noin viiden vuoden välein tehtävin tarkastuksin. Esitetyt tulokset pystykarsinnan aiheuttamista väri- ja lahovioista ilmaisevat luonnollisesti vain vikaantumisen ja sen vaikutusten vähimmäistason raaka-aineena käytön kannalta, koska karsinnan ja mittausten välinen aika oli lyhyt koivutukkipuun kasvatuksen normaaliin kiertoaikaan nähden. Lopulliset vaikutukset viiluun, vaneriin tai sahatavaraan ajatellun koivupuun laadun ja arvon kannalta voidaan todeta vasta päättehakuuvaiheessa, johon mennessä rungot ovat yhtäältä ehtineet järeytyä ja toisaalta viat levitä lopulliseen laajuuteensa.

Tässä tutkimuksessa ei selvitetty koivun pystykarsintaan liittyvien väri- ja lahovikojen syntyprosessia, vikoja aiheuttavia mikrobeja, ympäristöolojen mm. sään sekä metsikön tiheyden ja tilajärjestyksen merkitystä vikojen syntyyn ja laajenemiseen kuin myöskään vikojen diagnostisointia. Näistä aihepiireistä kaivataan lisätietoa, jotta koivun karsintaan liittyvät riskit voidaan tunnistaa, ennustaa ja hallita nykyistä paremmin. Koivun väri- ja lahovikaantumisesta sekä pystypuuna että puutavarana on sinänsä käynnissä suhteellisen paljon sekä perustutkimusta, mm. istutuskoivuista ja erityisesti ruskotäpläkärpäsen vaituksista, että metsänkasvatukseen, puunhankintaan ja sahaukseen ja kuivaukseen liittyvää soveltavaa tutkimusta.

Kiitokset

Tämä tutkimus perustuu Rintalan (1995) Metsäntutkimuslaitoksen toimeksiannosta Joensuun yliopistossa tekemään metsäteknologian syventävien opintojen tutkielmaan. Rintala tallensi aineistot ja laski ja analysoi tulokset tutkielmansa yhteydessä sekä kirjoitti ensimmäisen version tämän tutkimuksen käsikirjoituksesta erikseen Joensuun yliopiston PUISEVA-projektissa. Verkasalo toimi työn ohjaajana ja kirjoitti lopullisen julkaisun. Tutkimus pohjautuu tohtori Jyrki Raulon Metsäntutkimuslaitoksessa perustamiin kestokokeisiin ja niihin suunnit-

telemiin mittauksiin ja laboratorioanalyysiin. Näistä töistä vastasivat silloisen metsänjalostuksen tutkimusosaston (nykyisin osa Vantaan tutkimuskeskusta) ja Suonenjoen tutkimusaseman kenttä- ja laboratoriohenkilökunta metsätalousinsinööri Jaako Rokkosen johdolla. Tutkimusaseman johtaja Martti Varmola, vanhemmat tutkijat Anna-Maija Hallaksela ja Pentti Niemistö sekä Jaako Rokkonen Metsäntutkimuslaitoksesta ja projektinjohtaja Antti Asikainen Joensuun yliopistosta samoin kuin julkaisusarjan viralliset ennakkotarkastajat apulaisprofessori Marketta Sipi ja tohtori Antti Uotila Helsingin yliopistosta ovat tehneet huomioon otettuja parannusehdotuksia käsikirjoitukseen.

Esitämme parhaat kiitoksemme kaikille tutkimuksen valmistumiseen myötävaikuttaneille henkilöille ja organisaatioille.

Kirjallisuus

- Aaltio, M. 1987. Koivutukin varastoinnin taloudellinen merkitys vanerin valmistuksessa. Teknillinen korkeakoulu, puunjalostusosasto, puun mekaanisen teknologian laboratorio. Diplomityö. 62 s.
- Aro, P. 1960. Koivuvaneritukkien ja sorvipölkkyjen halkeaminen. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 52(4). 41 s.
- Arvidsson, A. 1991. Pruning for quality. *Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsteknik, Uppsater och resultat* 217. 21 s.
- Cole, G.T. & Kendrick, B. 1973. Taxonomic studies of *Phialophora*. *Mycologia* 65: 661–688.
- Ferm, A. 1990. Nuorten vesasyntyisten hieskoivikoiden kehitys ja lahoisuus turvemilla. *Folia Forestalia* 744. 17 s.
- Foster, A. A. 1968. Damage to forest by fungi and insects as affected by fertilizers. *Julkaisussa: Forest fertilization theory and practice, Papers presented at the Symposium of Forest Fertilization 1967, Gainsville, Flo. Tennessee Valley Authority, Knoxville, Tennessee.* s. 42–46.
- Gams, W. & McGinnis, M. R. 1983. *Phialemonium*, a new anamorph genus intermediate between *Phialophora* and *Acremonium*. *Mycologia* 75: 977–987.
- Gustavsen, H. & Mielikäinen, K. 1984. Luontaisesti syntyneiden koivikoiden kasvupaikkaluokittelu valptiuden avulla. *Folia Forestalia* 597. 20 s.
- Hakkila, P., Heikkilä, P. & Michelsen, P. 1970. Vaneri-

- koivujen rasiinkaato-kausi. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 70(2). 42 s.
- Hallaksela, A.-M. 1995. Discoloration of planted silver birch. *Julkaisussa: Aamlid, D. (toim.). Forest pathology research in the Nordic countries 1994. Proceedings from the SNS-meeting in forest pathology at Skogsbrukets Kurscenter, Biri, Norway 9.–12. August 1994. Aktuelt fra Skogforsk 4–95: 33–34.*
- & Niemistö, P. 1998. Istutuskoivurunkojen väri- ja niissä esiintyvät mikrobit. *Julkaisussa: Niemistö, P. & Väätä, T. (toim.). Rauduskoivu tänään – ja tulevaisuudessa. Tutkimuspäivä Tampereella 12.3.1997. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 668: 115–126.*
- Heikinheimo, O. 1915. Kaskiviljelyn vaikutus Suomen metsiin. *Acta Forestalia Fennica* 4. 472 s.
- 1936. Puiden karsimisesta. *Metsätaloudellinen aikakauslehti* 6: 153–154.
- 1953. Puiden keinollisesta karsimisesta. *Metsätaloudellinen aikakauslehti* 12: 399–402.
- Heikkilä, R. & Lilja, A. & Härkönen, S. 1993. Rauduskoivuntaimien toipuminen latvan katkeamisen jälkeen. *Folia Forestalia* 809. 10 s.
- Heiskanen, V. 1957. Raudus- ja hieskoivun laatu eri kasvupaikoilla. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 48(6). 99 s.
- 1958. Tutkimuksia koivun karsimisesta. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 49(3). 68 s.
- 1966. Tutkimuksia rauduskoivikon karsimisen kannattavuudesta. *Acta Forestalia Fennica* 81(2). 30 s.
- & Saikku, O. 1976. Koivuvaneritukin hinnan muodostuminen. *Metsäntutkimuslaitos, metsäteknologian tutkimusosasto. Moniste.* 120 s.
- Hesterberg, G.A. & Jurgensen, M.F. 1972. The relation of forest fertilization to disease incidence. *Forestry Chronicle* 48: 92–96.
- Ilvessalo, Y. & Laitakari, E. 1949. Metsikön kasvatus. *Karsiminen. Suuri Metsäkirja* 1. s. 263–268.
- Jouhtinen, T. 1994. Koivusahatavaran laatuluokitus. *Lahden teknillinen oppilaitos, Julkaisusarja, raportti* 6.
- Juvonen, R. & Kariniemi, J. 1984. Vaneriteollisuus. *Mekaaninen metsäteollisuus 1. Ammattikasvatushallitus – Suomen puutalousinsinöörien yhdistys ry., Helsinki.* 189 s.
- Kahiluoto, J. & Talvenheimo, O. 1947. Ojitettujen korpien koivikoitten lahovikaisuudesta. *Laudaturtyö. Helsingin yliopisto, metsänhoitotieteen laitos.* 70 s.
- Kalela, E. K. 1950. Arvokoivikoita kasvattamaan. *Koivukeskus ry, Helsinki.* 14 s.
- Kataikko, M.-S. 1996. Huonekaluvamistajien tarpeet sahaamisen lähtökohtana. *Muotoilualan arvenomintyö. Kuopion käsi- ja taideteollisuusakatemia, taito- ja tutkimuskeskus Taitemia, Julkaisu* 5. 116 s. + liitteet.
- Koivuviulun ulkonäköön perustuvat laatuvaatimukset. 1971. *SFS-standardi* 2413. Suomen Standardisoimislahtakunta ja Suomen Vaneriyhdistys ry. 5 s.
- Krotkevic, P. G. 1955. *Vyrascivanie vysokokacestvennoj drevesiny. Moskva. Goslesbumizdat* 179.
- Koponen, H. 1995. *Puulevytuotanto. Gummerus Oy Kirjapaino.* 212 s.
- Kujala, V. 1979. Suomen metsätyypit. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 92(8). 44 s.
- Kärki, T. 1997. Sahauskelpoisen erikoispuun laatuvaatimukset ja käyttö Savo-Karjalan alueella. *Folia Forestalia – Metsätieteen aikakauskirja* 1: 37–48.
- Kärkkäinen, M. 1984. Miten koivuun tulisi suhtautua metsätaloudessa. *Silva Fennica* 18(1): 1–34.
- 1985. Puutiede. *Sallisen kustannus, Sotkamo.* 415 s.
- 1986a. Koivuvaneritukkien ja runkojen arvosuhteet. *Silva Fennica* 20(1): 45–57.
- 1986b. Malli männyn, kuusen ja koivun puuaineen oksaisuudesta. *Silva Fennica* 20(2): 107–116.
- Lappi-Seppälä, M. 1934. Karsimisesta ja sen metsänhoidollisesta merkityksestä. *Acta Forestalia Fennica* 40(25): 605–618.
- 1937. Karsimisesta arvopuun kasvatusta silmällä pitäen. *Silva Fennica* 42: 120–136.
- Louna, T. & Valkonen, S. 1995. Kotimaisen raaka-aineen asema lehtipuiden teollisessa käytössä. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 553. 38 s.
- Mayer-Wegelin, H. 1952. *Das Aufstehen der Waldbäume. Hannover.*
- Meriluoto, J. 1966. Raaka-ainetekijöiden vaikutus sorvatun koivuviulun määrään ja laatuun. *Acta Forestalia Fennica* 80(1). 55 s.
- Mielikäinen, K. 1985. Koivusekoituksen vaikutus kuusikon rakenteeseen ja kehitykseen. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 133. 79 s.
- Oikarinen, M. 1983. Etelä-Suomen viljeltyjen rauduskoivikoiden kasvatusmallit. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 113. 75 s.
- Pekkala, O. & Uusvaara, O. 1980. Kuitupuun metsävarastoinnin vaikutus massan saantoon ja laatuun. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 96(4). 24 s.
- Puro, T. 1982. Lannoitusajankohdan merkitys eri puulajien kasvureaktioissa. *Folia Forestalia* 507. 14 s.
- Ranta, E., Rita, H. & Kouki, J. 1989. *Biometria. Tilastotiedettä ekologeille.* 569 s.
- Raulo, J. 1979. Rauduskoivujälkeläistöjen rungon laatu Etelä- ja Keski-Suomessa. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 97(5). 39 s.
- 1981. *Koivukirja. Jyväskylä. Gummerus Oy Kirjapaino.* 131 s.
- Rayner, A.D.M. & Boddy, L. 1988. *Fungal decomposition of wood. John Wiley & Sons, Chichester.* 587 s.

- Rintala, P. 1995. Rauduskoivun pystykarsintavikojen yhteys karsittavien oksien kokoon ja laatuun sekä karsintavuodenaikaan. Metsäteknologian syventävien opintojen tutkielma. Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta. 105 s.
- Sairanen, P. 1985. Pystykarsintakokemuksia Neuvostoliitossa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 201. 45 s.
- Salmi, J. 1987. Koivun puuaineen ominaisuudet ja käyttö. *Sorbifolia* 18(3): 123–132.
- Schöningh, J. 1935. Ästung der Birke. *Forstarchiv*: 261.
- Sevola, Y. (toim). 1997. Metsätaloustieteellinen vuosikirja 1996. SVT Maa- ja metsätalous 1996:3. 352 s.
- Shigo, A.L. 1965. Organism interactions in decay and discoloration in beech, birch and maple. *Holz und Organismen, Internationales Symposium Berlin-Dahlem*. Heft 1. s. 309–324.
- Tikka, P.S. 1949. Peräpohjolan koivikoiden laadusta. *Acta Forestalia Fennica* 57(4). 34 s.
- Trendelenburg, R. & Mayer-Wegelin, H. 1955. *Das Holz als Rohstoff. Zweite völlig überarbeitete Auflage*. Carl Hanser Verlag, München. 541 s.
- 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.
- Uotila, A. 1994. Koivun puolustusreaktiot. Julkaisussa: Koivun tuhot ja juurikäävän torjunta. Tutkimuspäivä Hyttiälässä 15.4.1994. Helsingin yliopisto.
- Verkasalo, E. 1993. Koivupuutavaran vikaantuminen pitkittyneessä metsävarastoinnissa ja sen vaikutus viulun saatoon, laatuun ja arvoon. *Folia Forestalia* 806. 31 s.
- 1997. Hieskoivun laatu vaneripuuna. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 632. 483 s. + liitteet 59 s.
- Viro, P.J. 1974. Fertilization of birch. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 81(4). 38 s.
- Vuokila, Y. 1968. Karsiminen ja kasvu. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 66(5). 66 s.
- 1976. Karsimisen vaikutus koivun ja männyn terveydentilaan. *Folia Forestalia* 281. 13 s.
- 1982. Metsien teknisen laadun kehittäminen. *Folia Forestalia* 523. 55 s.
- Wilhelmsen, G. 1975. Puutavaran käsittely. Pohjoismaiden puuteknologian yhteisprojekti. *Folia Forestalia* 216. 64 s.

65 viitettä