



Timo Saksa



Tenho Hynönen



Timo Makkonen

Timo Saksa, Tenho Hynönen ja Timo Makkonen

## Nuorten paakkutaimilla viljeltyjen rauduskoivikoiden tila kivennäismaapelloilla

**Saksa, T., Hynönen, T. & Makkonen, T.** 2003. Nuorten paakkutaimilla viljeltyjen rauduskoivikoiden tila kivennäismaapelloilla. *Metsätieteen aikakauskirja* 1/2003: 3–13.

Tutkimuksessa tarkastellaan rauduskoivun paakkutaimilla perustettujen taimikoiden metsänhoidollista tilaa. Tutkimusaineisto koostui 49:stä vuosina 1992 ja 1993 Pohjois-Savossa perustetusta pellonmetsityskohteesta.

Metsityskohteilla oli 4–5 vuoden kuluttua viljelystä pituudeltaan 2–3 metrisiä istutustaimia keskimäärin 1 000 hehtaarilla. Täydennysistutus (keskimäärin 140 tainta ha<sup>-1</sup>) ja luontainen täydennys (50 tainta ha<sup>-1</sup>) nosti rauduskoivikon keskitiheyden yli 1 200 runkoon hehtaarilla. Hyvä metsitystulos (yli 1 500 tainta ha<sup>-1</sup>) saavutettiin joka neljännessä metsityskohteessa. Lähes joka kolmannessa kohteessa rauduskoivikon tiheys jäi puuston laadun kehittymisen kannalta arvioituna liian pieneksi, alle 1 000 taimen hehtaarilla. Erityisen heikoksi metsitystulos jäi savimaille perustetuilla metsityskohteilla.

Istutustaimien yleisimmäksi kuolleisuuden aiheuttajaksi todettiin myyrien ja versolaikun aiheuttamat vauriot. Yhdessä näiden katsottiin aiheuttaneen yli 80 % kuolleisuudesta. Kasvatettavaksakin puustossa myyrien aiheuttamat tuhot (18 %:ssa) ja versolaikku (15 %:ssa) olivat yleisimpiä vaurioiden syitä. Versolaikku esiintyi erityisesti lajittuneilla savi- ja hietamailla, mutta myyrien aiheuttamia tuhoja oli tasaisesti kaikilla maatyypeillä.

Asiasanat: pellonmetsitys, rauduskoivu, paakkutaimi

Yhteystiedot: Saksa, Metsäntutkimuslaitos, Suonenjoen tutkimusasema, Juntintie 40, 77600 Suonenjoki; Hynönen, Pohjois-Savon metsäkeskus, PL 1019, 70101 Kuopio; Makkonen, Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio, Soidinkuja 4, 00700 Helsinki. Sähköposti timo.saksa@metla.fi  
Hyväksytty 4.2.2003

## I Johdanto

Peltoja on metsitetty maassamme viimeisen kolmen vuosikymmenen aikana noin 215 000 ha (Metsätilastollinen... 1999). Rauduskoivulla metsitettyjen peltöjen osuus on ollut koko maassa keskimäärin 45 % kaikista peltöjen metsityksestä vuosina 1990–1998. Pohjois-Savossa, jossa sijaitsee lähes 15 % koko maamme pellonmetsitysalasta, on rauduskoivulla tehtyjen metsitysten osuus ollut em. vuosina lähes 50 % pellonmetsitysalasta (Metsätalouden... 2002). 1970-luvulla ja 1980-luvun alkupuolella yleisin metsityspuulaji oli mänty. Vasta 1980-luvun lopulla kuusen ja rauduskoivun osuus on lisääntynyt merkittävästi ja männyn osuus on laskenut noin 10 %:n tasolle.

Rauduskoivikon kehityksen on odotettu vastaavan entisellä maatalousmaalla käenkaali-mustikkatyyppin metsämailla saatuja tuloksia (Kinnunen 1995). Rauduskoivun kasvatukselle sopivilla pellonmetsityskohteilla on puuston kehityksestä saatu hyviä koetuloksia (esim. Raulo 1981) ja havainnot 1970-luvun ja 1980-luvun alkupuolella perustetuilta käytännön pellonmetsitysaloilta antavat myös myönteisen kuvan rauduskoivikon kehityksestä (esim. Hynönen ja Saksa 1997a ja b) ja sen tuotosta (Aarnio ja Rantala 1994). Toisaalta maalajiltaan huonosti rauduskoivulle sopivilla kohteilla jää viljelytulos usein epätydyttäväksi (Raulo 1981, Anttonen 1990, Valkonen 1992, Hytönen 1999).

Vuosina 1990–1995 metsitettiin peltoja yli 60 000 ha pääosin kuuselle ja rauduskoivulle. Erityisesti rauduskoivua suosittiin niin metsämailla kuin pellonmetsityskohteillakin ja voidaan olettaa rauduskoivun viljelyn kohdistuneen myös rauduskoivun menestymisen kannalta vähemmän soveltuviin kohteisiin. Selvimpinä esimerkkeinä rauduskoivulle virheellisestä kasvupaikan valinnasta voidaan pitää turvemaille tehtyjä istutuksia (esim. Hytönen 1998, Parviainen ym. 1989).

Rauduskoivun käytön kasvaessa pellonmetsityksissä 1990-luvun alussa siirryttiin samanaikaisesti käyttämään istutusmateriaalina yhä enemmän paakkutaimia paljasjuuritaimien sijasta. Havupuilla kokemukset paljasjuuritaimia pienemmän paakkutaimimateriaalin menestymisestä viljavilla pellonmetsityskohteilla eivät ole olleet kovin rohkaisevia (Hytönen 1995). Rauduskoivullakin taimen

istutuspituuden ja kuolleisuuden välillä on todettu selvä negatiivinen korrelaatio (Hytönen 1995).

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää 1990-luvun alussa perustettujen, mittausvaiheessa 4–5-vuotiaiden, paakkutaimilla perustettujen rauduskoivumetsitysten tilaa Pohjois-Savon kivennäismaapelloilla. Erityisesti tarkastellaan metsityskohteen maaperän ominaisuuksien vaikutusta istutustaimien menestymiseen.

## 2 Aineisto ja menetelmät

### 2.1 Metsityskohteiden otanta

Tutkimusaineiston otanta keskitettiin maantieteellisesti seitsemän kunnan alueelle Pohjois-Savossa. Eteläinen osa-aineisto käsitti Kuopion, Leppävirran, Rautalammin sekä Suonenjoen ja pohjoinen osa-aineisto Iisalmen, Kiuruveden ja Sonkajärven. Kummassakin osa-aineistoissa valittiin systemaattisella satunnaisotannalla otos Pohjois-Savon metsäkeskuksen hankerekisteristä vuosien 1992 ja 1993 pellonmetsityshankkeista, joissa metsitys oli tehty rauduskoivun paakkutaimilla. Metsitysten toteutusilmoitusten mukaan käytetyimpiä paakkutyyppisiä olivat olleet Plantek 25 (paakun tilavuus 380 cm<sup>3</sup>), Takopotti 710 (410 cm<sup>3</sup>) ja PS 1008 (453 cm<sup>3</sup>). Metsityskohteen tuli sijaita kivennäismaalla, mitä rekisterissä olleesta ennakkotiedosta ei varmuudella voinut päätellä. Kaikkiaan kesällä 1997 mitatussa otoksessa oli 49 taimikkoa, joista 30 kuului eteläiseen ja 19 pohjoiseen osa-aineistoon. Taimikoista 25 oli perustettu vuonna 1992 ja 24 vuonna 1993.

Metsityskohteen pinta-ala oli keskimäärin 1,5 ha (vaihteluväli 0,3–4,2 ha). Metsityskohteet oli muokattu lähes poikkeuksetta istutusta edeltävänä vuonna käyttäen viilukyntöä tai täyskyntöä (80 % kohteista). Muissa kohteissa muokkaus oli tehty joko metsäauralla auraten tai kaivinkoneella mätästäen ja laikuttaen. Yksi taimikko oli istutettu muokkaamatta entiseen mansikkapeltoon. Tutkimusalueen pohjoisosassa oli käytetty eteläosaa enemmän täyskyntöä.

## 2.2 Taimikko-, koeala- ja taimikohtaiset mittaukset

Taimikoiden yleistiedot, kuten muokkausvuosi ja viimeinen viljelykasvi, hankittiin maanomistajaa haastattelemalla. Jokaisesta taimikosta määritettiin maastossa muokkaustapa ja tehdyt taimikonhoitotyöt. Lisäksi tehtiin ehdotus taimikonhoitotöistä ja mahdollisesta kuivatustarpeesta.

Kullakin metsityskohteella sijoitettiin systemaattisesti kuvion pisimmälle halkaisijalle viisi 50 m<sup>2</sup>:n ympyräkoelaa (säde 3,99 m) maaperäominaisuuksiltaan mahdollisimman yhtenäiselle alueelle. Jokaiselta koealalta määritettiin kuivatusaste (hyvä/tydyttävä/huono), muokkauksen ja pohjakerroksen peittävyys, kenttäkerroksen peittävyys ja korkeus sekä maaperän laatu (turve, multa, kivennäismaa ja turve/kivennäismaa).

Koealoilta mitattiin istutetuista taimista pituus (cm) ja tyviläpimitta (mm) sekä määritettiin viat ja tuhot. Viljelytaimista erotettiin taimikon perustamisvuonna istutetut taimet (perusmetsitystaimet) sekä myöhemmin istutetut täydennystaimet. Viljelytaimet, jotka olivat kunnoltaan terveitä tai lievästi tuhojen vaurioittamia (niistä arvioitiin tulevan vähintään kuitupuu) määritettiin kasvatuskelpoisiksi (ks. Hynönen 2000). Luontaisten kasvatuskelpoisten taimien tuli edellisen lisäksi olla sijainniltaan (minimietäisyys 1 m) ja pituudeltaan istutustaimien kehitykseen sopivia. Luontaisista kasvatuskelpoisista taimista selvitettiin samat tunnukset kuin istutetuista taimista. Kasvatuskelvottomien luontaisten taimien määrä mitattiin 20 m<sup>2</sup>:n ja vesasyntyisten taimien 10 m<sup>2</sup>:n ympyräkoelalta. Vesasyntyisiin taimiin luettiin alle 50 cm:n pituiset siemensyntyiset hieskoivutaimet. Taimiaines (pituus alle 10 cm) määritettiin 1 m<sup>2</sup>:n ympyräkoelalta. Metsittämistulos mitattiin kesällä 1997, jolloin istutukset olivat 4–5 vuoden ikäisiä.

## 2.3 Maanäytteet ja niiden analysointi

Maanäytteet otettiin 39 metsityskohteesta, yhteensä 77 inventointikoealalta (kaksi koealaa/taimikko). Muokkauskerrosta edustavat näytteet otettiin muokkaamattomilta kohdilta 0–20 cm:n syvyydeltä. Maanäytteet esikäsiteltiin Metsäntutkimuslaitoksen Suo-

nenjoen tutkimusasemalla, jossa näytteet kuivatettiin ja jauhettiin huumarella (Tamminen ja Mälkönen 1999). Raekokoanalyysi tehtiin Metsäntutkimuslaitoksen Kannuksen tutkimusasemalla seulomalla ja sedimentaatiomenetelmällä. Raekokoanalyysin perusteella näytteestä määritettiin maalaji, hienoainesosuus (rajana 0,063 mm), keskiraekoko ja lajittuneisuusindeksi. Samalla mitattiin näytteen orgaanisen aineksen osuus ja kuiva-tuoretiheys.

Metsityskohteiden maaperän kosteutta mitattiin samoilta koealoilta, joilta maanäytteet oli otettu. Mittaukset tehtiin TDR-mittarilla kesäkuun lopussa ja elokuun alussa 1998. Mittaussyvyytinä käytettiin 5–15 cm:ä. Kosteusmittaus perustuu maan sähkönjohtokykyyn, joka vaihtelee maalajitekoostumuksen ja vesipitoisuuden mukaan (Topp ym. 1984). Laskennassa käytettiin muokkauskerroksesta mitattujen lukemien keskiarvoja sellaisinaan, koska arvojen maalajeittaiseen kalibroimiseen vaadittavaa referenssiaineistoa kaikilta maalajeilta ei ollut käytettävissä.

## 2.4 Aineiston analysointi

Istutus- ja metsitystulosta käsiteltäessä käytettiin havaintoyksikkönä metsityskohdetta. Tarkasteltaessa maaperän vaikutusta istutustaimien menestymiseen, laskennan perusyksikkönä olivat ne koealat (ja niiden puustotiedot), joilta maanäytteet ovat peräisin. Tuloksia analysoitaessa nämä koealat ryhmiteltiin maalajimäärityksen perusteella lajittuneisiin maihin ja moreeneihin. Nämä edelleen jaoteltiin savimaihin, joihin yhdistettiin laihaksi saveksi, lihavaksi saveksi sekä saviseksi hiesuksi ja saviseksi hiedaksi määritetyt koealat. Hietamaihin luettiin vastaavasti hienoksi tai karkeaksi hiedaksi, hiesuiseksi hiedaksi ja hietaiseksi hiesuksi määritellyt koealat. Hiekkamaihin yhdistettiin hietaista hiekkaa ja hiekkaista hietaa edustavat koealat. Otokseen sattuneet savi- ja maat olivat kaikki lajittuneita.

Lisäksi koealat jaettiin maaperän orgaanisen aineksen osuuden mukaan varsinaisiin kivennäismaihin (orgaanisen aineksen osuus alle 15 %) ja multamaihin (orgaanisen aineksen osuus 15–40 %), joihin yhdistettiin myös neljä turvemaiksi luokiteltua (orgaanisen aineksen osuus yli 40 %) koealaa (Aaltonen ym. 1949).

## 3 Tulokset

### 3.1 Metsityskohteet

Täyskynnön jälkeen muokkauksen peittävyys arvioitiin 80–90 %:ksi, viulukynnön tai aurauksen jälkeen muokkaus kattoi noin 60 % ja mätästysjälki peitti 40 % maanpinnasta. Muokkauksen peittävyys ei vaikuttanut luontaisen taimiaineksen määrään (pituus < 10 cm). Sitä löytyi vain joka neljännessä taimikosta ja se oli pääosin hieskoivua. Vuoden 1992 metsityskohteissa taimiainesta oli keskimäärin 2 160 kpl hehtaarilla, kun 1993 perustetuissa sitä oli keskimäärin 10 000 kpl hehtaarilla.

Muokkauksen peittävyuden lisääntyessä kenttäkerroksen kasvillisuuden peittävyys ja vesakon pituus pieni. Useimmissa kohteissa pintakasvillisuutta oli runsaasti ja sen keskipituus vaihteli 40:stä 100 cm:iin. Lähes 70 %:lla kohteista oli vesakkoa, joka pääosin oli pajukkoa. Vesoittuneissa kohteissa vesojen määrä vaihteli 5 000:sta 10 000:een hehtaarilla. Vesakon keskipituus jäi hieman alle metrin. Joka neljännessä taimikossa katsottiin perkaus tarpeelliseksi toimenpiteeksi. Yhdessä kohteessa arvioitiin tarvittavan uudelleen ojitus ja seitsemässä kohteessa ojien perkauksella ja/tai täydennysojituksella saatettiin vesitalous kuntoon.

Maanäytteistä joka kolmas luokitettiin maalajiltaan hieta- tai hiekkamoreeniksi. Ne olivat pääosin tutkimusalueen eteläosassa. Lajittuneita savimaita oli 43 %, hietamaita 18 % ja hiekkamaita 8 % kohteista. Pohjoisessa osa-aineistossa yli 70 % maanäytteistä luokitettiin savimaaksi. Kaikki mittauskohteet olivat muokkaukserroksen alapuoliselta osalta kivennäismaapeltoja. Myös muokkaukserros koostui useimmissa kohteissa (77 %:ssa) kivennäismaasta mutta 18 %:ssa se oli multamaata ja 5 %:ssa koealoista turvetta (orgaanisen aineen osuus yli 40 %) (taulukko 1).

### 3.2 Istutustulos ja istutustaimien kunto

Rauduskoivun istutuksessa tavoitellaan 1 600 taimen istutustiheyttä hehtaarilla (Luonnonläheinen metsänhoito 1994). Tutkituilla, 4–5 vuotta vanhoilla pellonmetsitysalloilla istutustiheyttä ei enää voitu varmuudella todeta, vaikka löydetty kuol-

**Taulukko 1.** Muokkaukserroksen (0–20 cm:n kerros) keskimääräinen raekokojakauma (keskiarvo ± keskihajonta, %), keskiraeokko, lajittuneisuusindeksi ( $\sqrt{d_{75}/d_{25}}$ ), hienoainesosuus (%), kosteuslukema (kesä- ja elokuun mitausten keskiarvo), orgaanisen aineksen osuus (%), sekä maan tiheys ( $\text{g dm}^{-3}$ ) lajittuneilla savi-, hieta- ja hiekkamaille sekä hieta- ja hiekkamoreeneilla. Savimaihin yhdistetty laihaksi saveksi, lihavaksi saveksi sekä saviseksi hiesuksi ja saviseksi hiedaksi määritetyt koealat. Hietamaihin kuuluvat vastaavasti hienoksi tai karkeaksi hiedaksi, hiesuiseksi hiedaksi ja hietaiseksi hiesuksi määritellyt koealat. Hiekkamaihin yhdistettiin hietaista hiekkaa ja hiekkaista hietaa edustavat koealat. Oros sisälsi 39 taimikkoa, joilta otettiin yhteensä 77 maanäytettä (N).

Lajittuneet	N	Savi	Hiesu	Hieno hieta	Karkea hieta	Hieno hiekkä	Karkea hiekkä	Sora	Keski-raekoko, $\mu\text{m}$	Lajittuneisuusindeksi	Hienoaines, %	Kosteuslukema	Orgaaninen aine, %	Tiheys, $\text{g dm}^{-3}$
Savimaat	33	30±16	36±12	11±6	11±9	7±6	3±3	2±3	20±26	4,7±1,8	77±19	41±11	15±13	704±175
Hietamaat	14	6±2	20±12	26±10	31±15	13±8	4±3	2±2	67±35	2,7±0,7	52±19	38±8	16±13	779±194
Hiekkamaat	6	2±1	5±2	10±4	35±5	44±8	3±4	1±2	189±17	2,1±0,2	17±6	28±9	8±4	938±171
Moreenit														
Hietamoreenit	17	4±2	14±4	16±3	25±3	21±6	8±3	11±5	132±27	4,0±1,0	34±5	32±6	9±4	920±107
Hiekkamoreenit	7	5±5	8±6	8±3	19±9	34±14	10±6	16±8	304±92	4,1±2,8	21±13	26±8	6±2	996±107
Kivennäismaat	59	13±15	21±15	15±9	21±12	18±15	5±4	6±7	119±156	4,0±1,9	49±26	33±7	7±3	880±143
Multamaat	18	22±19	30±14	14±8	19±15	9±9	3±4	2±3	45±48	4,0±1,4	67±26	46±14	28±13	580±147

**Taulukko 2.** Perusmetsitystaimien määrä vuosien 1992 ja 1993 otoksissa (N = metsityskohteiden lukumäärä) tutkimusalueen pohjois- ja eteläosassa sekä istutustulos luokiteltuna kasvatuskelpoisten perusmetsitystaimien sekä laskennallisen tavoiteistutustiheyden (1 600 kpl ha<sup>-1</sup>) avulla (keskiarvo ± keskihajonta).

	Istutusvuosi				Keskimäärin
	1992		1993		
	Pohjoinen	Etelä	Pohjoinen	Etelä	
Istutustaimia keskimäärin, ha <sup>-1</sup>					
Kasvatuskelpoiset	843±347	1312±387	931±361	945±417	1033±420
Terveet	87±167	293±255	40±46	132±139	158±201
Lievä tuho	283±168	549±254	320±174	392±216	405±233
Heikentyneet	472±181	469±99	571±179	420±175	467±161
Kituvat	170±116	170±149	268±152	185±226	189±171
Kuolleet	210±196	74±85	177±197	155±170	146±154
N	11	15	7	16	49
Istutustulos, % kohteiden lukumäärästä					
Alle 50 % (<800 ha <sup>-1</sup> )	36	0	43	25	20
50–80 % (800–1280 ha <sup>-1</sup> )	64	53	43	56	51
Yli 80 % (>1280 ha <sup>-1</sup> )	0	47	14	19	29

leetkin istutustaimet laskettiin. Elossa olleiden ja mittauksessa löydettyjen kuolleiden istutustaimien yhteismäärä ylti tavoiteistutustiheyteen vain joka viidennellä alalla (taulukko 2). Vaikka mittauksessa havaittujen kuolleiden istutustaimien määrä oli melko suuri, keskimäärin lähes 150 kpl hehtaarilla, todennäköisesti valtaosa pian istutuksen jälkeen kuolleista taimista jäi kuitenkin löytymättä. Metsitysten toteutusilmoitusten perusteella laskettu istutustiheys oli keskimäärin 1 630 tainta hehtaarilla.

Kuolleissa istutustaimissa havaittuja yleisimpiä tuhoja olivat myyrien ja versolaikun aiheuttamat vauriot. Lähes joka toisen (47 %) taimen ensisijaisena kuolleisuuden syynä pidettiin myyrien aiheuttamia tuhoja. Vastaavasti versolaikun todettiin mitä ilmeisimmin olleen taimen kuolleisuuden aiheuttaja 34 %:ssa tapauksista. Mittauksen yhteydessä luokiteltiin elossa olleista istutustaimista lähes 200 kpl hehtaarilla kunnoltaan kituviksi, lähivuosina kuoleviksi taimiksi. Yleisimmin näissä taimissa oli versolaikun (52 % kituvista taimista), myyrän (28 %) ja jäniksen (9 %) aiheuttamat taimen jatkokehityksen estävät vauriot.

Kasvatuskelpoisiksi luokiteltujen taimien määrä oli keskimäärin 1 030 tainta hehtaarilla (mediaani 1 000 tainta ha<sup>-1</sup>). Tutkimusalueen eteläosassa vuo-

den 1992 istutukset olivat keskimääräistä paremmin onnistuneita. Niissä kasvatuskelpoisten perusmetsitystaimien määrä nousi yli 1 300 taimen hehtaarilla. Muissa osa-aineistoissa se jäi keskimäärin 900 taimen hehtaarilla.

Kun saatua istutustulosta verrataan istutuksen tavoiteteheyteen, jää istutuksen onnistumisaste joka toisessa pellonmetsityksessä tasolle 50–80 % (taulukko 2). Epäonnistuneiksi katsottavia metsityksiä, joissa istutustulos jäi alle 50 %:n, oli tutkituissa metsityksissä 20 %. Pohjoisessa osa-aineistossa epäonnistuneiden metsitysten osuus nousi 40 %:iin kun se etelämpänä jäi vuoden 1993 otoksessa 25 %:iin ja vuotta vanhemmissa metsityksissä kaikki metsitykset luokiteltiin vähintään tyydyttäväiksi. Vastaavasti hyvä istutustulos saavutettiin 29 %:ssa kohteista, joista valtaosa oli tutkimusalueen eteläosassa.

Kasvatuskelpoisiksi luokitelluista istutustaimista keskimäärin 62 % (560 kpl ha<sup>-1</sup>) luokiteltiin kunnoltaan lähes terveeksi (kuntoluokat terve ja lievä tuho). Muiden kasvatuskelpoisten taimien kuntoa olivat heikentäneet pääasiassa myyrien (18 % kasvatuskelpoisista istutustaimista), versolaikun (15 %), jänisten (2 %) ja vesojen (2 %) aiheuttamat vauriot. Vuonna 1993 perustetuissa taimikoissa versolaikkua oli merkittävästi enemmän (20 %) kuin 1992 perus-

tetuissa taimikoissa (7 %). Sitä esiintyi erityisesti pohjoisessa osa-aineistossa. Sen sijaan myyrätuhoja esiintyi molemmissa ikäluokissa, niin etelässä kuin pohjoisessa, lähes yhtä paljon. Täysin myyrätuhoista tai versolaikkutaudista vapaita taimikoita oli vain 10 % metsityskohteista (viisi metsitysala). Toisaalta joka viidennessä taimikossa oli vähintään joka toisessa taimessa myyrän tai versolaikun aiheuttama tuho.

Virheettömäksi luokiteltiin joka kolmas taimi (4-vuotiaat 27 %, 5-vuotiaat 32 %). Merkittävimpiä vikoja olivat mutkat rungon eri osissa (48 %) ja monilatvaisuus (9 %) sekä kallistumat, jotka vaivasivat noin 6 %:a taimista. Lähes joka toisessa taimessa (47 %) oli vain yksi vika, noin 15 %:ssa kaksi vikaa ja vain 1 %:ssa kolme vikaa. Monivikaisia taimia oli 5-vuotiaissa (14 %) hiukan vähemmän kuin 4-vuotiaissa (17 %) istutuksissa.

### 3.3 Metsitystulos

Joka kolmatta metsitystä (29 % kohteista) oli täydennetty istuttamalla. Kuudessa kohteessa (12 % kaikista kohteista) täydennys oli ollut hyvin vähäistä, korkeintaan 200 täydennystainta hehtaarilla. Kuudessa kohteessa (12 %) täydennystaimien määrä vaihteli 400:sta 900:aan taimen hehtaarilla ja kahdessa kohteessa kysymys oli jo lähes uudel-

leen viljelystä (1 280 ja 2 120 tainta ha<sup>-1</sup>). Täydennyspuulajina oli käytetty rauduskoivun (8 kohdetta), kuusen (4) tai molempien (2) puulajien taimia. Täydennyskuuset olivat lähes poikkeuksetta (98 %) kasvatuskelpoisia, mutta täydennykseksi istutetuista rauduskoivuista vain 66 % oli kasvatuskelpoisia. Täydennystaimienkin yleisimmät tuhonaiheuttajat olivat versolaikkutauti ja myyrät, joiden aiheuttamia vaurioita oli runsaasti (57 %:ssa) myös kasvatuskelpoisissa täydennykseksi istutetuissa rauduskoivuissa.

Luontaisia männyn ja kuusen taimia oli lähes joka kolmannella (30 %:ssa) metsityskohteella, mutta raudus- ja hieskoivujen luontaisia taimia tavattiin joka toisessa (53 %:ssa) taimikossa. Metsitysaloilla, joilla oli luontaisia taimia oli mäntyjä ja kuusia molempia keskimäärin 300 kpl hehtaarilla sekä raudus- ja hieskoivuja 800–1 000 kpl hehtaarilla. Luontainen taimettuminen oli ollut ryhmittäistä, sillä tyhjien koealojen osuus oli keskimäärin havuilla yli 70 % ja koivuilla noin 50 %. Tutkimusalueen pohjoisosassa oli selvästi vähemmän luontaisia taimia kuin tutkimusalueen eteläosassa.

Metsitystulos muodostui perusmetsityksessä istutettujen rauduskoivujen, täydennysistutustaimien ja luontaisen täydennyksen yhteistuloksesta (taulukko 3). Neljässä kohteessa täydennysistutustaimet muodostivat valtaosan puustosta, mutta muissa kohteissa pääosa kasvatettavista taimista

**Taulukko 3.** Keskimääräinen metsitystulos perusmetsitystaimien, täydennysistutustaimien sekä luontaisen täydennyksen avulla kuvattuna (keskiarvo ± keskihajonta) sekä metsitystuloksen jakautuminen metsitysaloittain (N = metsityskohteiden lukumäärä).

	Istutusvuosi				Keskimäärin (%)
	1992		1993		
	Pohjoinen	Etelä	Pohjoinen	Etelä	
Kasvatettava puusto, taimia ha <sup>-1</sup>					
Perusmetsitystaimet	843 ± 347	1312 ± 387	931 ± 361	945 ± 417	1033 ± 420 (87)
Täydennysistutustaimet	232 ± 562	101 ± 216	28 ± 75	157 ± 298	139 ± 335 (9)
Luontainen täydennys	36 ± 84	32 ± 52	34 ± 74	90 ± 160	52 ± 108 (4)
Yhteensä	1098 ± 470	1429 ± 390	994 ± 349	1192 ± 413	1215 ± 428
N	11	15	7	16	49
Metsitystuloksen jakauma metsityskohteittain, %					
Alle 1000 tainta ha <sup>-1</sup>	36	13	57	25	29
1000–1500 tainta ha <sup>-1</sup>	55	47	29	56	47
Yli 1500 tainta ha <sup>-1</sup>	9	40	14	19	24

oli perusmetsityksessä istutettuja rauduskoivuja. Luontaisella taimettumisella ei juuri ollut merkitystä kasvatettavan puuston tiheyteen. Luontaisen täydennyksen osuus oli keskimäärin 4 %, täydennysistutustaimien 9 % ja perusmetsitystaimien 87 % kasvatettavasta puustosta.

Tiheydeltään vähintään tyydyttävä (vähintään 1 000 tainta ha<sup>-1</sup>) metsitystulos saavutettiin vuoden 1992 otoksessa 77 %:ssa kohteissa, mutta vuoden 1993 otoksessa vastaava osuus jäi 65 %:iin. Tämä ero johtui hyväksi luokiteltujen, tiheydeltään 1 500 tainta hehtaarilla ylittävien taimikoiden esiintymisestä. Vuoden 1992 otoksessa niitä oli 31 %, mutta 1993 otoksessa niitä oli vain 17 %. Lähes joka kolmannessa metsityskohteessa (29 %:ssa kohteista) kasvatettavan puuston tiheys jäi 3–4 vuoden kuluttua viljelystä alle 1 000 taimen hehtaarilla (taulukko 3). Näistä neljässä (8 %) metsityksen voidaan katsoa epäonnistuneen kokonaan (korkeintaan 500 kasvatuskelpoista tainta ha<sup>-1</sup>). Yhdessä metsityskohteessa ei ollut lainkaan kasvatuskelpoisia taimia. Näitä täydennettäviä tai uudelleen metsitettäviä kohteita oli erityisesti vuoden 1993 aineistossa.

### 3.4 Maaperä ja istutustulos

Moreenimailla kasvatuskelpoisia (alkuperäisiä istutustaimia) taimia oli keskimäärin lähes 200 kappaletta enemmän ( $p=0,14$ ) kuin lajittuneilla mailla. Tämä ero johtui savimaiden huonoista istutustuloksesta (taulukko 4). Kaikkein heikoin metsitystulos oli täydennysojittusta edellyttävillä savimailla, joilla istutustulos jäi 900 taimeen hehtaarilla. Savimailla muokkauskerroksen maatyypillä ei ollut vaikutusta istutustulokseen, mutta hieta- ja hiekkamailla istutustulos oli hieman parempi varsinaisilla kivennäismailla kuin multamailla. Hieta- ja hiekkamailla ei ollut eroa istutustuloksessa lajittumattomien ja lajittuneiden maalajien välillä. Kituvien ja kuolleiden istutustaimien määrään ei maalajilla ollut vaikutusta.

Versolaikkuisten taimien osuus oli savimailla suurempi ( $p=0,02$ ) kuin muilla maalajeilla, mutta myyrien aiheuttamia tuhoja esiintyi maalajista riippumatta. Multamailla niin versolaikkuisten kuin myyrien vaurioittamien taimien määrä oli hieman suurempi kuin varsinaisilla kivennäismailla. Kasva-

**Taulukko 4.** Kasvatuskelpoisten istutustaimien määrä sekä versolaikun ja myyrän aiheuttamien vaurioiden sekä vikojen esiintyminen maalajiltaan erilaisilla koealoilla (keskiarvo ± keskihajonta, N = koealojen lukumäärä). Maalajien välisten erojen testaus varianssianalyysillä.

Maalaji	N	Kasvatuskelpoiset, kpl ha <sup>-1</sup>	Kasvatuskelpoisista, %		
			Versolaikku	Myyrätuho	Ei vikaa
<b>Lajittuneet</b>					
Savimaat	33	970 ± 428	30 ± 36	32 ± 35	24 ± 26
Hietamaat	14	1286 ± 873	11 ± 20	21 ± 28	27 ± 20
Hiekkamaat	6	1333 ± 372	0 ± 0	32 ± 38	46 ± 27
	53	1090 ± 584	21 ± 32	29 ± 33	27 ± 24
<b>Moreenit</b>					
Hietamoreeni	17	1294 ± 388	8 ± 15	20 ± 27	41 ± 21
Hiekkamoreeni	7	1257 ± 341	10 ± 14	20 ± 24	31 ± 25
	24	1283 ± 368	9 ± 14	20 ± 26	38 ± 22
F-arvo		1,81	3,25	0,61	2,02
p-arvo		0,140	0,022	0,665	0,101
Kivennäismaat	59	1196 ± 566	17 ± 29	23 ± 29	29 ± 24
Multamaat	18	1000 ± 369	18 ± 25	34 ± 35	35 ± 26
F-arvo		1,91	0,01	1,67	1,01
p-arvo		0,171	0,949	0,200	0,317

**Taulukko 5.** Istutettujen rauduskoivujen keskipituus ja tyviläpimitta maalajeiltaan erilaisilla koealoilla (keskiarvo  $\pm$  keskihajonta, N = koealojen lukumäärä). Erojen testaus varianssianalyysillä.

Maalaji	N	Keskipituus, cm		Tyviläpimitta, mm		
		1992	N	1993	1992	1993
Lajittuneet						
Savimaat	16	228 $\pm$ 78	17	203 $\pm$ 66	33 $\pm$ 14	27 $\pm$ 10
Hietamaat	8	282 $\pm$ 50	6	168 $\pm$ 31	34 $\pm$ 9	24 $\pm$ 5
Hiekkamaat	4	291 $\pm$ 72	2	149 $\pm$ 64	40 $\pm$ 18	17 $\pm$ 7
Moreenit						
Hietamoreenit	9	287 $\pm$ 78	8	210 $\pm$ 84	35 $\pm$ 11	25 $\pm$ 10
Hiekkamoreenit	3	186 $\pm$ 118	4	194 $\pm$ 75	22 $\pm$ 16	29 $\pm$ 9
F-arvo		2,00		0,622	0,820	0,735
p-arvo		0,116		0,650	0,521	0,575
Kivennäismaat	29	264 $\pm$ 83	30	191 $\pm$ 58	34 $\pm$ 13	24 $\pm$ 8
Multamaat	11	231 $\pm$ 69	7	214 $\pm$ 97	32 $\pm$ 12	30 $\pm$ 14
F-arvo		1,34		1,91	0,94	1,01
p-arvo		0,255		0,171	0,761	0,317

tuskelpoisiksi arvioitujen taimien tekninen laatu oli karkeimmilla maapohjilla parempi kuin hiesu- ja savimailla. Savimailla mutkaisten ja latvavaurioisten taimien osuus nousi keskimäärin 75 %:iin.

Maaperän kosteus lisääntyi hienojen maalajitteiden osuuden kasvaessa. Lajittuneet maat olivat kesä- ja elokuussa tehtyjen kosteusmittausten perusteella moreenimaita kosteampia (taulukko 1). Moreenimailla hienoainesosuus jäi yleensä alle 40 %:n, eikä sen havaittu vaikuttavan istutustulokseen ( $r = -0,083$ ,  $n = 24$ ). Sen sijaan maaperän kosteuden kasvu heikensi istutustulosta moreenimailla ( $r = -0,238$ ,  $n = 22$ ). Lajittuneilla kasvualustoilla sekä kosteuden lisääntyminen että hienoaineksen määrän kasvu vaikuttivat varsin vähän tässä aineistossa istutustulokseen.

Rauduskoivun istutustaimien pituus tai tyviläpimitta vaihtelivat melkoisesti niin metsitysalueen sisällä kuin alueiden välillä. Savimailla istutetut taimet olivat 1992 istutuksissa kasvaneet muita taimia hitaammin (taulukko 5). Maaperän hienoaineksen osuudella ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta istutustaimien pituuden tai tyviläpimitan kehitykseen. Kasvatuskelpoisten taimien pituus oli 1992 perustetuissa taimikoissa 310/237 cm (etelä/pohjoinen) ja 1993 perustetuissa vastaavasti 201/170 cm. Tyviläpimitat olivat vastaavasti perustamisvuoden mukaan 1992 39/32 mm ja 1993 24/23 mm.

## 4 Tulosten tarkastelu

Rauduskoivikon laatukehitystä pyritään ohjaamaan metsikön alkukehitysvaiheessa riittävän taimitiheyden avulla ja kasvatusmetsävaiheessa jäljelle jäävän puuston laatua korostavin harvennuksin. Ensiharvennuksen jälkeen koivikossa tulisi kasvatusohjeiden mukaan olla 700–1 100 runkoa hehtaarilla (Hyvän metsänhoidon suositukset 2001). Jotta tehty ensiharvennus olisi taloudellisesti järkevä, tulisi poistuman olla vähintään 30 m<sup>3</sup>/ha, mikä merkitsee noin 600 kpl, 14–15-metrinen rungon poistumaa hehtaarilta. Näin ollen taimikkovaiheen päättyessä 5–7 metrin pituusvaiheessa tulisi koivikossa olla vähintään 1 300–1 500 runkoa hehtaarilla. Viljavimmilla pellonmetsityskohteilla koivun laatu edellyttää selvästi edellä mainittua suurempaa kasvatusiheyttä taimikkovaiheessa (Niemistö 1995, Niemistö ym. 1997).

Metsitystilanteessa suositellaan 1 600 taimen istuttamista hehtaarille (Hyvän metsänhoidon suositukset 2001). Jotta edellä kuvatun kaltainen tavoitetaimikko olisi saavutettavissa, tulisi taimikkovaiheessa istutustaimien kuolleisuuden olla vähäistä tai kuolleisuus tulisi korvata joko täydennysistutuksella, luontaisella taimettumisella tai viljelytiheyden nostolla.



Tutkituilla metsitysaloilla ei voitu määrittää tarkkaa viljelytiheyttä, koska istutuksen jälkeen ensimmäisenä ja toisena vuonna kuolleista taimista ei enää 2–3 vuoden kuluttua istutuksesta voitu tehdä varmoja havaintoja. Jos nyt tehdyssä mittauksessa löydettiin vain joka toinen tähän mennessä kuolleista taimista, päädytään näissä kohteissa 1 500–1 600 taimen istutustiheyteen. Tällöin keskimäärin 24 % taimista olisi kuollut ensimmäisen 3–4 vuoden kuluttua istutuksesta, mikä vastaa hyvin intensiivisesti seuratuissa pellonmetsityskokeissa havaittua kehityskulkua (Hynönen ja Makkonen 1999, Hytönen 1995, Leikola ja Raulo 1973). Metsämaalla taimikuolleisuus jää koivun viljelyssä yleensä pienemmäksi kuin pellonmetsityksissä. Esimerkiksi Parviainen ym. (1989) arvioivat taimikuolleisuuden olleen keskimäärin 17 % käytännön rauduskoivun istutusaloilla kolmen vuoden kuluttua istutuksesta. Samassa selvityksessä todettiin paljasjuuristen taimien menestyneen paakkutaimia paremmin.

Lähes joka kolmannessa metsityskohteessa yli 80 % istutustaimista oli edelleen elossa, mutta joka viidennen metsityksen voidaan katsoa käytännössä epäonnistuneen, kun yli puolet istutustaimista oli kuollut jo tässä vaiheessa. Epäonnistuneiden metsitysten määrä vastaa melko hyvin Pohjois-Savossa kahdeksannessa VMI:ssä arvioitua epäonnistuneiden viljelyjen määrää (16 %) taimikoissa ja nuoris-kasvatusmetsissä uudella metsämaalla (Tomppo ym. 1999). Suuren taimikuolleisuuden vuoksi joka kolmatta kohdetta oli käyty täydennysistuttamassa ja kahdessa kohteessa täydennys vastasi käytännössä uusintaviljelyä.

Istutuskoivikossa luontaisen taimettumisen tuoma apu jää useimmissa tapauksissa merkityksettömäksi (Hynönen ja Saksa 1997a). Tutkimuskohteillakin perusmetsitystaimet muodostivat pääosan kasvatettavasta puustosta ja täydennystaimien ja luontaisten taimien osuus siinä jäi muutamaa poikkeusta lukuunottamatta vähäiseksi, eikä luontaista uutta taimiainesta enää juurikaan ollut näillä metsityskohteilla.

Kokonaisuudessaan kasvatettavan puuston tiheys, keskimäärin 1 215 tainta hehtaarilla, jäi selvästi hyvän tavoitetaimikon tiheyttä alhaisemmaksi. Lähes joka kolmannessa metsityskohteessa taimikon tiheys jäi jo tässä vaiheessa, 3–4 vuoden kuluttua istutuksesta, alle 1 000 taimen hehtaarilla, mikä ei

tule antamaan mahdollisuutta laatuharvennukseen ensiharvennusvaiheessa. Joka neljännen taimikon tiheys ylitti 1 500 tainta hehtaarilla, jonka voidaan ajatella täyttävän rauduskoivikon taimikkovaiheen tavoitetiheyden.

Myyrät ja versolaikku olivat pääasiallisimpia syitä istutustaimien suurehkoon kuolleisuuteen. Kuolleista taimista yli 80 % todettiin myyrän ja/tai versolaikun vaurioittamaksi ja elävissäkin taimissa ne olivat suurimmat tuhojen aiheuttajat. Versolaikkutaudin runsaus on tullut esiin myös pellonmetsityksen kenttäkokeilla (Hytönen 1995). Täysmuokkauksen jälkeen nopeasti heinittyvillä pellonmetsityskohteilla myyrien on aiemminkin todettu aiheuttavan ajoittain ankariakin tuhoja (Henttonen ym. 1995). 1990-luvun alkupuolella sekä myyrätuhot että versolaikkutauti näyttivät olleen hyvin yleisiä pellonmetsitysaloilla. Tutkituista taimikoista vain 10 % todettiin myyrä- tai versolaikkutuhosta vapaaksi.

Lähes joka toisella metsityskohteella muokkaukserros luokiteltiin maalajiltaan joko savimaaksi tai saviseksi hiesuksi tai saviseksi hiedaksi, joilla hienoaineksen osuus oli 40–95 %. Nyt mitatut, 1990-luvun alussa perustetut rauduskoivikot sijaitsivat keskimäärin hienojakoisimmilla mailla kuin Pohjois-Savossa aiemmin tarkastellut, 1970- ja 1980-lukujen koivikot (Hynönen ja Saksa 1997a), mutta likimain yhtä hienojakoisilla maapohjilla kuin Pohjois-Karjalasta aiemmin inventoidut koivikot (Anttonen 1990, Hynönen ja Saksa 1997b). Savimailla rauduskoivun taimet olivat menestyneet poikkeuksellisen heikosti, mikä on havaittu aiemmissakin tutkimuksissa (Anttonen 1990, Valkonen 1992).

Hienojakoisilla mailla, erityisesti savimailla oli myös kasvatuskelpoisissa taimissa merkitsevästi enemmän versolaikun vioituksia kuin muualla. Maaperän hienoaineksen ja kosteuden lisääntymisen näyttää suosivan versolaikun esiintymistä. Sen sijaan myyrien tuhoja oli tasaisesti maalajista riippumatta.

Nyt tehdyn tutkimuksen perusteella rauduskoivun paakkutaimista kolmannes tuhoutuu ensimmäisten kasvukausien aikana. Jatkossa näiden nuorien rauduskoivutaimikoiden kehitykseen ja niiden kasvatettavan puuston tiheyteen ja laatuun vaikuttaa hyvin oleellisesti mm. hirvikannan suuruus. Hirvien aiheuttamat tuhot voivat oleellisesti heikentää metsitystulosta muuten hyvinkin kehittyneessä valtapi-

tuudeltaan 2–5-metrisessä koivikossa.

Edellä mainittujen rauduskoivun kehitystä heikentävien tekijöiden vuoksi olisi hyvin perusteltua nostaa rauduskoivun viljelytiheyttä pellonmetsityksissä, kun viljelymateriaalina käytetään paakkutaimia (ks. Hynönen 2000). Jos viljelytiheyttä nostettaisiin nykyisestä 1 600:sta 2 000 taimen hehtaarilla ja viljelykohteita valittaessa vältettäisiin kaikkein hienojakoisimmat, osittain vedenvaivaamat kohteet, paranisi rauduskoivun metsitystulos nykyisestä. Parempaana metsitystulokseen päästäisiin todennäköisesti myös käyttämällä isompia taimia (mahdollisesti paljasjuurisia taimia) ja tehokkaita pintakasvillisuuden torjuntamenetelmiä (Leikola 1976).

## Kirjallisuus

- Aaltonen, V.T., Aarnio, B., Hyypä, E., Kaitera, P., Keso, L., Kivinen, E., Kokkonen, P., Kotilainen, M.J., Tuorila, P. & Vuorinen, J. 1949. Maaperäsanaston ja maajien luokituksen tarkistus v. 1949. Maataloudellinen aikakauskirja 21:36:66.
- Aarnio, J. & Rantala, T. 1994. Peltojen metsänistutuksen yksityistaloudellinen kannattavuus. *Folia Forestalia* 1994(1): 3–17.
- Anttonen, T. 1990. Pelloille istutettujen koivikoiden tila Pohjois-Karjalassa 7–19 vuoden kuluttua viljelystä. Metsänhoitotieteen syventävien opintojen tutkielma. Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta. 50 s.
- Henttonen, H., Niemimaa, J. & Kaikusalo, A. 1995. Myyrät ja pellonmetsitys. Julkaisussa: Hytönen, J. & Polet, K. (toim.). Peltojen metsitysmenetelmät. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 581. s. 97–117.
- Hynönen, T. 2000. Pellonmetsitysten onnistuminen Itä-Suomessa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 765. 90 s. + 4 osajulkaisua.
- & Makkonen, T. 1999. Turvemaapeltojen maan ominaisuudet ja niiden vaikutus hieskoivun taimien alkukehitykseen Pohjois-Savossa. *Suo* 50(1): 17–34.
- & Saksa, T. 1997a. Metsitystulos Pohjois-Savon kivennäismaapelloilla. *Folia Forestalia* 2/1997: 165–180.
- & Saksa, T. 1997b. 1970- ja 1980-luvuilla tehtyjen pellonmetsitysten onnistuminen Pohjois-Karjalassa. *Folia Forestalia* 4/1997: 455–476.
- Hytönen, J. 1995. Taimien alkukehitys pellonmetsitysaloilla. Julkaisussa: Hytönen, J. & Polet, K. (toim.). Peltojen metsitysmenetelmät. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 581. s. 12–23.
- 1998. Rauduskoivun alkukehitys pellonmetsitysaloilla. Julkaisussa: Niemistö, P. & Väärä, T. (toim.). Rauduskoivu tänään – ja tulevaisuudessa. Tutkimuspäivä Tampereella 12.3.1997. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 668. s. 37–46.
- 1999. Pellonmetsityksen onnistuminen Keski-Pohjanmaalla. Metsätieteen aikakauskirja 4/1999: 697–710.
- Hyvän metsänhoidon suositukset. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. 2001. 95 s.
- Kinnunen, K. 1995. Käytännön pellonmetsitysten onnistuminen ja tuotos. Julkaisussa: Hytönen, J. & Polet, K. (toim.). Peltojen metsitysmenetelmät. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 581. s. 53–62.
- Leikola, M. 1976. Maanmuokkaus ja pintakasvillisuuden torjunta pellonmetsityksessä. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 88(3). 101 s.
- & Raulo, J. 1973. Pellolle istutettujen männyn, kuusen ja rauduksen taimien alkukehitys. Metsänviljelyn koeaseman tiedonantoja 8. 24 s.
- Luonnonläheinen metsänhoito. Metsänhoitosuositukset. 1994. Metsäkeskus Tapion julkaisu 6 1994. 72 s.
- Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio 2002. Metsäkeskusten hankesysteemin toteutustilastot 1990–1998. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio.
- Metsätalostollinen vuosikirja 1999. SVT. Maa-, metsä- ja kalatalous 1999:6. Metsäntutkimuslaitos. 352 s.
- Niemistö, P. 1995. Influence of initial spacing and row-to-row distance on the crown and branch properties and taper of silver birch (*Betula pendula*). *Scandinavian Journal of Forest Research* 10: 235–244.
- 1997. Ensiharvennuksen ajankohdan ja voimakkuuden vaikutus rauduskoivun kasvuun ja tuotokseen. *Folia Forestalia* 4/1997: 439–454.
- , Hukki, P. & Verkasalo, E. 1997. Kasvupaikan ja puuston tiheyden vaikutus rauduskoivun ulkoiseen laatuun 30-vuotiaissa istutuskoivikoissa. *Folia Forestalia* 3/1997: 349–374.
- Parviainen, J., Kangas, J. & Knuutinen, P. 1989. Kolmivuotiaiden istutusrauduskoivikoiden alkukehitys Itä-Savossa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 332. 48 s.
- Raulo, J. 1981. Koivukirja. Gummerus, Jyväskylä. 131 s.
- Tamminen, P. & Mälkönen, E. (toim.). 1999. Näytteenotto metsämaan ominaisuuksien määrittämistä varten. Met-

säntutkimuslaitoksen tiedonantoja 729. 53 s.

- Tomppo, E., Henttonen, H., Korhonen, K.T., Aarnio, A., Ahola, A., Heikkinen, J. & Tuomainen, T. 1999. Pohjois-Savon metsäkeskuksen alueen metsävarat ja niiden kehitys 1967–96. Metsätieteen aikakauskirja 2B/1999: 389–462.
- Topp, G.C., Davis, J.L., Bailey, W.G. & Zebchuk, W.D. 1984. The measurement of soil water content using a portable TDR hand probe. Canadian Journal of Soil Science 64: 313–321.
- Valkonen, S. 1992. Pellolle v. 1971 viljeltyjen raudus- ja hieskoivusekametsiköiden kehitys ja tuotos. Metsäntuotantotieteen syventävien opintojen tutkielma. Joensuu yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta. 45 s.

**27 viitettä**