



Timo Saksa



Jari Miina

Timo Saksa ja Jari Miina

Perkaustavan ja -ajankohdan vaikutus männyn istutustaimikon kehitykseen Etelä-Suomessa

Saksa, T. & Miina, J. 2010. Perkaustavan ja -ajankohdan vaikutus männyn istutustaimikon kehitykseen Etelä-Suomessa. *Metsätieteen aikakauskirja* 2/2010: 115–127.

Tutkimuksessa tarkasteltiin kenttäkokeiden avulla erilaisten perkauskäsittelyiden (ei perkausta, reikäperkaus, täysperkaus, latvonta) ja niiden ajoituksen vaikutuksia istutusmäntyjen kehitykseen taimikon harvennusvaiheeseen saakka (valtapituus 7–8 m). Samalla selvitettiin taimikonhoidon (perkaus ja harvennus) kokonaisajanmenekkiä sekä simuloitiin Motti-ohjelmistolla eri taimikonhoitovaihtoehdoissa syntyneiden metsiköiden kehitystä ensiharvennusvaiheeseen saakka.

Runsaasti koivua sisältävän männyn istutustaimikon perkaus osoittautui välttämättömäksi, kun tavoitteena on männikön kasvatus. Taimikon harvennusvaiheessa kuolleiden tai pahoin lehtipuuston kilpailussa piiskaantuneiden mäntyjen yhteenlaskettu osuus oli perkaamattomilla ruuduilla 32–37 %, kun vastaava osuus reikä- ja täysperatuilla ruuduilla oli 3–8 %. Kilpailevien lehtipuiden latvonta vähensi piiskausta vain väliaikaisesti, sillä latvotut lehtipuut jatkoivat pituuskasvuun sivuoksasta ja saavuttivat pian kasvatettavien mäntyjen piteuden. Kolmen metrin pituusvaiheessa tehdyllä perkauksella ei ollut vaikutusta mäntyjen kasvuun, mutta kaikki 1,5 metrin pituusvaiheessa tehdyt perkauskäsittelyt lisäsivät mäntyjen läpimitankasvu. Mäntyjen pituuskasvu lisääntyi vain reikäperkaus- ja latvontaruuduilla. Taimikonhoidon kokonaisajanmenekki oli pienin yksivaiheisessa taimikonhoidossa (ei perkausta) tai kun perkaus tehtiin latvomalla kilpailevat lehtipuut. Reikä- ja täysperkauksen kokonaisajanmenekit eivät eronneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi.

Yksivaiheinen taimikonhoito ilman perkausta pienensi mäntykuitupuun ja kasvatti koivukuitupuun määrää simuloidussa ensiharvennuksessa, mutta käyttöpuun kokonaispoistumaan taimikonhoidolla ei ollut vaikutusta.

Asiasanat: metsänhoidon suunnittelu, *Pinus sylvestris*, taimikonhoito, perkaus, harvennus, simulointi

Yhteystiedot: Saksa, Metsäntutkimuslaitos, Juntintie 154, 77600 Suonenjoki; Miina, Metsäntutkimuslaitos, PL 68, 80101 Joensuu. Sähköposti timo.saksa@metla.fi

Hyväksytty: 28.5.2010

Saatavissa: <http://www.metla.fi/aikakauskirja/full/ff10/ff102115.pdf>

I Johdanto

Männyn istutustiheydeksi suositellaan vähintään 2 000 tainta hehtaarille (Hyvän metsänhoidon... 2006). Uudistamisen varhaisinventointien mukaan männyn istutustaimikoissa kasvatettavien havupuun taimien määrä (istutetut ja luontaiset yhteensä) jää yleensä 1 500–2 500 taimeen hehtaarilla (Saksa ym. 2002, Saksa ja Kankaanhuhta 2007). Uusimpien VMI:n tulosten mukaan männyn istutustaimikoiden tiheys on Etelä-Suomessa joka viidennessä taimikossa alle 1 500 tainta hehtaarilla (Korhonen ym. 2010). Huuskosen ym. (2008) mukaan myös ensiharvennusvaiheen männiköiden tiheys on keskimäärin alle 2 000 runkoa hehtaarilla. Näin alhaiset taimikon ja nuoren metsän tiheydet heikentävät männyn laatukehitystä. Laatukehityksen turvaamiseksi männikön tiheyden tulisi olla nuorissa taimikoissa vähintään 4 000 tainta hehtaarilla (esim. Persson 1977, Varmola 1996) ja taimikon harvennuksen jälkeen ensiharvennukseen saakka puuston tiheyden tulisi olla 2 000–3 000 runkoa hehtaarilla (Vuokila 1972, Vestjordet 1977, Salminen ja Varmola 1990, Pettersson 1993).

Männikön tiheyden lisäämistä istutustiheyttä nostamalla ei ole nähty aiemmin taloudellisesti mahdollisena (Varmola 1980), eikä siihen taida olla riittäviä edellytyksiä nykyäänkään. Istutusmäntyjen kehitystyhtiin yltävän luontaisen havupuuston saaminen uudistusaloille ei myöskään ole mahdollista mm. siemensadon vaihtelun ja pintakasvillisuuden kilpailun vuoksi. Yksi mahdollisuus taimikkovaiheen puuston tiheyden nostamiseen on hyödyntää muokatuille metsänuudistusaloille syntyvää luontaista koivua (Saksa 1992, Hämäläinen ym. 1995, Valkonen ja Ruuska 2003). Tiheyden lisäämistä tarvitaan aina 7–8 metrin valtapituudelle saakka, jotta mäntyjen oksat kasvaisivat paksuutta hitaasti, kuolisivat ohuina ja alkaisivat karsiutua tyvitukin (4–5 m) osuudelta. Kellomäen ym. (1992) mukaan männyn oksien karsiutuminen likimain koko tyvitukin osuudelta alkaa 6–10 metrin pituusvaiheessa puuston tiheydestä riippuen.

Koska istutusmännyllä ja siemensyntyisillä koivuilla on erilaiset pituuskasvurytmit, niin koivun käyttö lisätiheyden tuojana männyn taimikossa aiheuttaa ongelmia. Lehtipuuston aiheuttamista latvavaurioista ja taimikuolemista männyn varhaiskehitysvaiheen istutustaimikoissa (mäntyjen pituus alle 1–2 m) on runsaasti

havaintoja käytännön uudistusaloilta (esim. Räsänen ym. 1985). Toisaalta tutkimukset ovat osoittaneet, että siemensyntyistä koivua voidaan käyttää männyn istutustaimikossa menestyksellä (Andersson 1993, Karlsson ym. 2002, Valkonen ja Ruuska 2003, Saksa ja Miina 2007). Anderssonin (1993) tutkimuksessa seurattiin istutettujen koivujen ja mäntyjen välistä kilpailua. Kymmenen seurantavuoden aikana vain alle metrin päässä männystä kasvaneet ja mäntyjä pitemmät koivut aiheuttivat vakavia mekaanisia latvavaurioita männynlehdille. Mäntyjä lyhyemmät ja metriä kauempana kasvavat lehtipuut eivät vaikuttaneet mäntyjen pituuskasvuun. Valkosen ja Ruuskan (2003) mukaan koivun määrällä ei ollut vaikutusta mäntyjen pituuskehitykseen. Tulokset perustuvat kertakoealoihin, jotka mitattiin 9–16-vuotiaista, viiden viime vuoden aikana perkaamattomista ja harventamattomista männyn taimikoista. Taimikot, joissa koivu oli tukahduttanut mäntyjen kehityksen, jätettiin tarkastelun ulkopuolelle. Saksan ja Miinan (2007) mukaan männyn istutustaimikon reikäperkaus tulee tehdä varhain, mäntyjen ollessa noin 1,5 metrin pituisia, jotta välttyään koivujen aiheuttamilta latvavaurioilta. Karlsson ym. (2002) ovat tutkineet kahden metrin pituusvaiheessa tehtyjen perkauskäsittelyiden vaikutusta männyn taimikoiden kehitykseen 13 vuoden ajan. Täysperkauksen jälkeen männyn taimet pysyivät elossa ja säilyttivät valtapuuasemansa paremmin kuin reikäperkauksen ja kilpailuvien lehtipuuden latvonnan jälkeen. Täysperkausaloilla mäntyjen laatu oli kuitenkin heikompi kuin muilla käsittelyaloilla.

Aikaisempien tutkimuksien mukaan reikäperkaus soveltuu männyn taimikoiden perkausmenetelmäksi (Andersson 1993, Saksa ja Miina 2007). Perkauksen lisäksi tarvitaan lähes poikkeuksetta toinen taimikonhoitotoimenpide (Karlsson ym. 2002), jotta puusto säilyy mäntyvaltaisena ensiharvennukseen saakka. Yhtenä mahdollisuutena on viime aikoina tutkittu myös mahdollisuutta kasvattaa varhaisperkauksen jälkeen männyn taimikko tiheydessä 3 000–4 000 runkoa hehtaarilla noin 10 metrin valtapituudessa tehtävään energiapuuhakkuuseen saakka (Hynynen ym. 2005a).

Männyn taimikoiden taimikonhoitomenetelmiä ja niiden ajoitusta on tutkittu 1970-luvulta lähtien (Jakkila ja Pohtila 1978, Ikäheimo ja Norokorpi 1986). Aikaisemmat tutkimukset ovat perustuneet siihen, että taimikossa tehdään vain yksi taimikon-

hoito (perkaus-harvennus), jolla turvataan mäntyjen kehitys aina ensiharvennukseen saakka. Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin kaksivaiheista taimikonhoitoa, johon kuuluvat perkaus ja taimikon harvennus. Kenttäkokeiden avulla tutkittiin erilaisten perkausten menetelmien ja niiden ajoituksen vaikutuksia männyn taimien elossa oloon, kasvuun ja lehtipuiden aiheuttamiin mekaanisiin vaurioihin männyn latvoissa sekä taimikonhoidon kokonaiskustannuksiin taimikoiden ollessa harvennusvaiheessa (valtapituus 7–8 m). Käsittelyvaihtoehtojen vaikutusta taimikoiden myöhempään kehitykseen, ensiharvennusvaiheen puustotunnuksiin ja ensiharvennuskertymään tarkasteltiin Motti-ohjelmistolla.

2 Aineisto ja menetelmät

2.1 Kenttäkokeet

Kaksi perkauskoetta perustettiin viiteen tiheydeltään, puulajisuhteiltaan ja kasvupaikaltaan mahdollisimman tasaiseen männyn istutustaimikkoon (taulukko 1). Koe A tehtiin nuorempiin, vuosina 1992 ja 1993 istutettuihin taimikoihin (nuoremmat taimikot) ja koe B vanhempiin, vuonna 1990 istutettuihin taimikoihin (vanhemmat taimikot). Valituissa taimikoissa koivun (raudus- ja hieskoivu) ei eritelty tuli merkittävästi lisätä istutusmännikön tiheyttä (ts. yli 4000 koivun tainta/ha). Kaikki taimikot kasvoivat tuoreen kankaan kasvupaikalla (MT), jolla nopeasti kasvavan lehtipuuvesakon ja männyn

laadun katsotaan olevan erityisesti ongelmana.

Kokeet perustettiin vuonna 1998, jolloin mäntyjen keskipituus nuoremmista taimikoissa oli noin 1,5 m ja vanhemmissa taimikoissa noin 3 m. Mäntyjen lukumäärä oli keskimäärin alhaisempi nuoremmista taimikoissa kuin vanhemmissa taimikoissa ja lehtipuiden keskimääräinen tiheys oli lähes sama kaikissa kolmessa nuoremmassa taimikossa, mutta vaihteli kahdessa vanhemmassa taimikossa (taulukko 1). Nuoremmista taimikoissa koivun osuus lehtipuiden kokonaisrunkoluvusta oli 75 % ja vanhemmissa taimikoissa 90 %. Koivujen keskipituus oli hivenen alhaisempi kuin mäntyjen keskipituus kaikissa taimikoissa.

Jokainen taimikko jaettiin kolmeen lohkoksi ja käsittelety sijoitettiin jokaiseen lohkoon (satunnaistettujen lohkojen koe). Käsittelyruutuja oli kokeessa A 54 (3 taimikkoa, 3 lohkoa, 6 käsittelyä) ja kokeessa B 24 (2 taimikkoa, 3 lohkoa, 4 käsittelyä). Kaksi käsittelyruutua (reikäperkaus ja latvonta) tuhoutuivat kun kokeen vaippa-alueita perattiin. Suorakulmaisten käsittelyruutujen koko oli 25 × 25 m, 30 × 30 m tai 35 × 35 m riippuen lohkon pinta-alasta ja muodosta.

Nuoremmista taimikoissa (A) seuraavat perkauskäsittelyt sijoitettiin satunnaisesti jokaisen lohkon kuudelle käsittelyruudulle:

- 1) ei käsittelyä
- 2) reikäperkaus kun mäntyjen keskipituus on noin 1,5 m
- 3) reikäperkaus kun mäntyjen keskipituus on noin 2,5 m
- 4) reikäperkaus kun mäntyjen keskipituus on noin 3,5 m

Taulukko 1. Kasvatettavien mäntyjen ja lehtipuiden runkoluku ja keskipituus (ka ± sd) käsittelyruuduilla nuoremmista ja vanhemmissa taimikoissa ennen perkausta vuonna 1998.

	Äestys-/istutusvuosi	Sijainti		Korkeus (m)	Runkoluku (kpl/ha) ¹⁾		Keskipituus (cm) ¹⁾	
		N	E		Männyt	Lehtipuut	Männyt	Lehtipuut
<i>A. Nuoremmat taimikot</i>								
Nynäs I	1991/1992	61°9′	26°3′	120	1437 ± 424	8439 ± 5822	175 ± 23	146 ± 19
Nynäs II	1991/1992	61°9′	26°3′	120	1663 ± 265	8431 ± 2465	155 ± 18	132 ± 14
Kasper	1992/1993	61°9′	26°47′	85	2102 ± 449	8589 ± 2501	156 ± 12	156 ± 9
<i>B. Vanhemmat taimikot</i>								
Halla-Sippola	1989/1990	60°50′	27°3′	75	2383 ± 376	4606 ± 1258	293 ± 13	256 ± 17
Rantala	1990/1990	61°10′	26°47′	110	1911 ± 728	11506 ± 2061	302 ± 30	286 ± 29

¹⁾ Vuoden 1998 mittauksissa taimien minimipituus oli 0,6 m nuoremmista ja 1,5 m vanhemmissa taimikoissa.

- 5) täysperkaus kun mäntyjen keskipituus on noin 1,5 m ja
 6) lehtipuiden latvonta kun mäntyjen keskipituus on noin 1,5 m.

Koe A perustettiin ja käsittelyt 2, 5 ja 6 tehtiin vuonna 1998, viivästetyt reikäperkauskäsittelyt 3 ja 4 tehtiin vastaavasti vuosina 2000 ja 2002. Vanhemmissa taimikoissa (B) käsittelyt olivat: ei käsittelyä, reikäperkaus, täysperkaus ja lehtipuiden latvonta. Koe B perustettiin ja kaikki käsittelyt tehtiin vuonna 1998, kun mäntyjen keskipituus oli noin 3 m. Reikäperkauksessa poistettiin kaikki puut, jotka sijaitsivat alle 1 metrin etäisyydellä kasvatettavista männyistä. Täysperkauksessa poistettiin kaikki paitsi aukkopai-koissa kasvavat lehtipuut. Latvonnassa katkaistiin alle 1 metrin etäisyydeltä kaikkien lehtipuiden pää-ranka noin 1,3 metrin korkeudelta. Perkauskäsittelyt tehtiin loppukesällä kasvukauden päättyttyä.

Jokaiselle käsittelyruudulle sijoitettiin kolme 100 m²:n ympyräkoelaa systemaattisesti tasa-sivuisen kolmion kulmiin. Kaikki koelalan istutus-männyn sekä luontaisesti syntyneet taimet, joiden pituus oli vähintään puolet istutustaimien pituudesta, kartoitettiin ja niistä määritettiin puulaji, pituus (cm), rinnankorkeusläpimitta (mm) sekä syntytapa (istutus, siemensyntyinen, vesasyntyinen) sekä kanto-vesojen lukumäärä. Kokeen alussa kasvatettavat männyn valittiin istutustaimista ja niitä täydentävistä luontaisesti syntyneistä männyn taimista niin, että kasvatettavien mäntyjen oletettiin olevan myös taimikon harvennuksessa (valtapituus 7–8 m) kas-vamaan jätettäviä puita. Kasvatettavista männyistä määritettiin lehtipuuston aiheuttamat latvavauriot seuraavasti: 0) ei kosketusta latvuksen yläosaan, 1) heikko kosketus oksiin latvuksen yläosassa, 2) vahva kosketus oksiin latvuksen yläosassa, 3) kos- ketus runkoon latvuksen yläosassa, 4) aiheutunut ranganvaihto ja 5) puu kuollut.

Kaikki koelalat mitattiin kokeen perustamisvuonna 1998 sekä vuosina 2002 ja 2006. Koelalat, joilla tehtiin viivästetty reikäperkaus vuosina 2000 ja 2002, mitattiin ennen käsittelyä. Vuonna 2002 kasvatetta- vista männyistä ja luontaisista taimista määritettiin samat tunnuksiset kuin kokeen alussa, minkä lisäksi latvotuista lehtipuista määritettiin latvontakorkeus (dm). Vuonna 2006 kaikilta koelaloilta, myös per- kaamattomilta ruuduilta, valittiin taimikon harven-

nuksessa jäävät puut. Ko. puiden valinta perustui puulajiin, kokoon, laatuun ja tilajärjestykseen niin, että mahdollisuuksien mukaan valinnassa suosittiin mäntyjä, joita täydennettiin luontaisilla koivuilla ja kuusilla.

2.2 Aineiston käsittely

Perkauksen ajanmenekki laskettiin Metsätehon laa- timilla malleilla (Hämäläinen ja Kaila 1983, Kaila ym. 2006), joissa käytetään lähtötietoina poistetta- vien puiden runkolukua ja keskimääräistä kanto- läpimittaa. Perkauksen ajanmenekki laskettiin jo- kaiselle koelalle erikseen. Koelajien perkauskassa poistettuja puita ei mitattu erikseen, vaan esimer- kiksi täysperkausalojen täydentävät lehtipuut sekä latvotut lehtipuut määritettiin eri mittauskertojen puutietojen avulla. Reikäperkauksessa oletettiin poistettavan kaikki lehtipuut alle 1 m:n etäisyydeltä kasvatettavista männyistä. Nuoremmista taimikoista mitattujen taimien minimipituus oli 0,6 m vuosina 1998 ja 2000 ja 1,5 m vuonna 2002. Jotta vuoden 2002 reikäperkauksen ajanmenekki olisi vertailu- kelpoinen aikaisempina vuosina tehtyjen perkaus- käsittelyiden ajanmenekkien kanssa, vuonna 2002 reikäperkauksessa poistettaviksi puiksi on luettu mukaan myös vuonna 1998 mitatut lehtipuut, jot- ka eivät ylittäneet 1,5 metrin pituutta vuonna 2002. Näiden puiden pituus- ja läpimitat saatiin vuoden 1998 mittaustiedoista. Perkauskassa poistettujen puiden kantoläpimitat (d_k , mm) laskettiin rinnankor- keusläpimitan ($d_{1,3}$, mm) avulla: $d_k = 5,71 + 1,23 \times d_{1,3}$ tai pituuden (h , cm) avulla: $d_k = 22,05 + 0,04 \times h$. Yhtälöt on sovitettu aineiston lehtipuista mitattujen kantoläpimittojen avulla ($n = 87$; $ka \pm sd = 42,6 \pm 26,6$ mm; vaihteluväli = 8–130 mm). Latvonnassa ajan- menekin laskennassa käytettiin latvottujen puiden keskimääräistä kantoläpimittaa, vaikka puut lat- vottiinkin rinnankorkeudelta. Reikäperkauksen ja latvonnassa ajanmenekille ei tehty korjausta, vaika poistettavat puut ovat ryhmittäin kasvatettavien taimien ympärillä eikä tasaisesti jakautuneina kuten Metsätehon malleissa oletetaan.

Taimikon harvennuksen ajanmenekin määrittämi- seksi koelajien keskipisteeseen sijoitetuilta 10 m²:n ympyräkoelaloilta määritettiin poistuman runkoluku hehtaarilla ja viiden keskipistettä lähinnä olevan

poistettavan puun kantoläpimitta (mm) (Metsäalan työehtosopimus 1.5.2008–31.5.2010; liite: Metsäalan palkkauksen koulutusaineisto). Taimikon harvennuksen ajanmenekki laskettiin jokaiselle koealalle erikseen em. Metsätehon malleilla.

Taimikon harvennuksessa jäävien puiden kehitystä tarkasteltiin ensiharvennuksen saakka Motti-ohjelmistolla (Hynynen ym. 2002, 2005b, Salminen ym. 2005). Simuloinneissa käytettiin lähtöpuuston kuvauspuuna kunkin käsittelyruudun kolmelta 100 m²:n koealalta taimikon harvennuksessa jääviä puita, jotka yhdistettiin käsittelyruudun puustoa kuvaavaksi puujoukoksi. Kuvauspuille annettiin seuraavat tunnuksat: puulaji, ikä, läpimitta, pituus ja latvussuhde. Kaikkien käsittelyruudun kuvauspuiden ikänä käytettiin istutusmännyn ikää. Latvussuhde oli mitattu vain männystä. Puustoja kasvatettiin 10 vuotta, jonka jälkeen puustot harvennettiin tiheyteen 1 000 runkoa/ha. Harvennus tehtiin alaharvennuksena ja eri puulajeja poistettiin niin, että runkoluvulla mitatut puulajisuhteet pysyivät muuttumattomina. Ensisijainen koivujen poisto johtaisi epärealistiseen poistumaan ja jäävään puustoon, jos kolmen ympyräkoealan puustot poikkeavat puulajisuhteiltaan toisistaan.

Perkauskäsittelyn vaikutusta kasvatettavien männyn elossa oloon, kasvuun ja lehtipuuston aiheuttamiin latvavaurioihin sekä taimikonhoidon ajanmenekkiin testattiin varianssianalyysillä, joka tehtiin SPSS Univariate GLM -aliohjelmalla (SPSS Inc. 2006). Kasvatettavien männyn latvavauriota analysoitaessa eri latvavaurioluokkien osuuksille tehtiin arcsin-neliöjuurimuunnos, jotta havaintosarja saatiin normaalijakauman mukaiseksi (Ranta ym. 1989). Perkauskäsittelyiden vaikutuksia puustotunnuksiin testattiin taimikon harvennuksen jälkeen sekä Mottilla simuloitussa ensiharvennusvaiheessa. Analyysissä käytettiin havaintoina käsittelyruutukohtaisia keskiarvoja.

Varianssianalyysissä käytettiin seuraavaa lineaarista mallia:

$$Y_{ijk} = \beta_0 + X_{ijk}\beta + ST_i + TR_k + ST_i \times TR_k + b_{ij} + e_{ijk} \quad (1)$$

missä Y on vastemuuttuja; β_0 on vakio; β on kovariaatin X kerroin; ST on kiinteä taimikkovaikutus; TR on kiinteä käsittelyvaikutus; b on satunnainen lohko-vaikutus; e on satunnainen virhetermi; ja alaindeksit

viittaavat taimikkoon i , lohkoon j ja käsittelyruutuun k . Virhetermien normaalijakaumaoletusta tarkasteltiin Shapiro-Wilkin testin avulla ja vastemuuttujan varianssien yhtä suuruutta eri käsittelyruuduilla testattiin Levenen testillä (SPSS Inc. 2006). Testisuureet osoittivat, että varianssianalyysille asetetut oletukset olivat voimassa.

Perkauskäsittelyn vaikutus testattiin erikseen nuoremmissa ja vanhemmissa taimikoissa sekä taimikon harvennusvaiheessa (2006) että ensiharvennusvaiheessa (2016). Kun vastemuuttujana oli vuoden 2006 tunnus, käytettiin kovariaattina ko. vastemuuttujan arvoa kokeen alussa vuonna 1998. Käsittelyiden keskiarvojen pareittaiset vertailut tehtiin Least Significant Difference (LSD) -testillä, jos F -testi osoitti käsittelyvaikutuksen olevan tilastollisesti merkitsevä 5 %:n riskitasolla. Kokeen puolivälissä vuonna 2002 tehtiin mittauksiin perustuvia tuloksia on esitetty Saksan ja Miinan (2007) julkaisussa, johon viitataan kun esitellään ensimmäisen neljän vuoden aikana saatuja tuloksia. Aikaisemmassa tutkimuksessa ei tarkasteltu vuonna 2002 nuorempiin taimikoihin tehtyjä reikäperkauskäsittelyjä, mistä johtuu artikkeleiden väliset erot mm. alkutilanteen puustotunnuksissa (taulukko 1).

3 Tulokset

3.1 Elossa olo

Perkaamattomilla ruuduilla kasvatettavien männyn lukumäärä pieneni kahdeksassa vuodessa nuoremmissa taimikoissa 25 % ja vanhemmissa taimikoissa 19 % (taulukko 2). Täysperkausaloiilla ei ollut merkittävää kuolleisuutta seurantajakson aikana. Nuorempien taimikoiden vuonna 1998 reikäperatuilla ja latvotuilla ruuduilla ei ollut kuolleisuutta ensimmäisen neljän vuoden aikana (Saksa ja Miina 2007), mutta vuosien 2003–2006 välisenä aikana reikäperkausaloilta kuoli 4 % ja latvotuilla aloilta 10 % kasvatettavista männystä. Reikäperkauksen viivästyttäminen kahdella vuodella lisäsi kasvatettavien männyn kuolleisuuden 16 %:iin ja vastaavasti 21 %:iin, jos reikäperkausta viivästyttiin neljällä vuodella. Vanhemmissa taimikoissa perkauskäsittelyiden välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja

kasvatettavien mäntyjen kuolleisuudessa ensimmäisen neljän vuoden aikana (Saksa ja Miina 2007), mutta sen jälkeen (vuosina 2003–2006) perkaamatomilla ruuduilla kuoli kasvatettavia mäntyjä enemmän (14 %) kuin peratuilla ruuduilla (3–6 %).

3.2 Pituuden ja läpimitan kehitys

Perkauskäsittelyllä oli tilastollisesti merkitsevä vaikutus kymmenen suurimman kasvatettavan männyn keskipituuden ja keskiläpimitan kasvuun vain nuoremmissa taimikoissa (taulukko 2). Kahdeksan vuoden aikana keskipituus kasvoi eniten reikäperatuilla ja latvotuilla ruuduilla, ja vähiten perkaamatomilla ja täysperatuilla ruuduilla. Pituuskasvuerot syntyivät ensimmäisen neljän vuoden aikana; toisella nelivuotiskaudella pituuskasvuissa ei ollut tilastollisesti merkitseviä käsittelyiden välisiä eroja. Perkauskäsittelyn vaikutus läpimitan kasvuun näkyi tilastollisesti merkitsevinä eroina jo ensimmäisen neljän vuoden aikana; korkein läpimitan kasvu oli

kokeen alussa reikäperatuilla ruuduilla (Saksa ja Miina 2007). Vastaavasti toisella nelivuotisjaksolla korkein läpimitan kasvu oli ruuduilla, joilla oli tehty viivästetty reikäperkaus vuonna 2000 tai 2002. Peratuilla ruuduilla kahdeksan vuoden läpimitan kasvu erosi merkitsevästi perkaamattomien ruutujen läpimitan kasvusta; eri perkauskäsittelyt eivät kuitenkaan eronneet tilastollisesti toisistaan. Kahden tai neljän vuoden viive reikäperkauksessa ei vähentänyt merkitsevästi suurimpien mäntyjen keskimääräistä pituus- eikä läpimitan kasvua kahdeksan vuoden tarkastelujakson aikana.

3.3 Lehtipuuston aiheuttamat latvavauriot

Kokeen alussa perkaamattomien ruutujen kasvatettavista männyistä oli keskimäärin 7 % pahoin lehtipuuston piiskaamia (latvavaurioluokat 3 ja 4) (taulukko 2). Neljä vuotta myöhemmin pahoin piiskaantuneiden (vaurioluokat 3, 4 ja 5) osuus oli 19 % ja kahdeksan vuotta myöhemmin 32 %. Vastaavasti

Taulukko 2. Kasvatettavien mäntyjen puustotunnukset (ka ± sd) käsittelyruuduilla nuoremmissa ja vanhemmissa taimikoissa kokeen alussa (1998) ja lopussa (2006).

Tunnus ¹⁾	Vuosi	Ei perkausta	Reikäperkaus 1998	Reikäperkaus 2000	Reikäperkaus 2002	Täysperkaus 1998	Latvonta 1998	Käsittelyn vaikutus ²⁾	
								F-testi	P-arvo
<i>A. Nuoremmat taimikot</i>									
N	1998	1826±643	1670±326	1833±580	1713±496	1526±319	1754±371	1,60	0,191
	2006	1367±382 ^a	1611±297 ^{cd}	1533±439 ^{ab}	1433±409 ^{ab}	1570±298 ^d	1571±374 ^{bc}	7,00	<0,001
H	1998	190±32	180±18	184±14	194±26	169±30	190±32	1,23	0,321
	2006	658±66 ^a	668±44 ^b	678±38 ^b	679±54 ^{ab}	616±92 ^a	682±59 ^b	3,12	0,020
D	1998	22±3	20±3	21±3	22±5	21±2	21±4	0,48	0,786
	2006	93±12 ^a	103±9 ^b	102±8 ^b	101±8 ^b	98±16 ^b	102±9 ^b	3,80	0,010
Piiskaus	1998	7±6 ^a	1±1 ^b	8±4 ^a	8±7 ^a	1±2 ^b	1±3 ^b	9,72	<0,001
	2006	32±21 ^a	7±6 ^{bc}	19±10 ^{cd}	17±10 ^{cd}	3±3 ^b	26±19 ^{ad}	7,33	<0,001
<i>B. Vanhemmat taimikot</i>									
N	1998	1939±607	2178±530	--	--	2433±643	2039±717	1,64	0,233
	2006	1561±672 ^a	2011±458 ^b	--	--	2222±648 ^b	1917±761 ^b	5,59	0,015
H	1998	312±17 ^a	344±38 ^{bc}	--	--	362±35 ^c	329±39 ^{ab}	6,54	0,007
	2006	792±49	838±77	--	--	832±56	821±59	2,83	0,080
D	1998	41±8 ^a	46±7 ^{bc}	--	--	47±4 ^c	44±6 ^{ab}	6,87	0,006
	2006	103±18	114±12	--	--	118±5	111±13	1,48	0,265
Piiskaus	1998	12±8	9±6	--	--	10±8	8±3	0,39	0,761
	2006	37±23 ^a	8±3 ^b	--	--	8±6 ^b	14±11 ^b	18,26	<0,001

¹⁾ N=runkoluku (kpl/ha); H ja D=kymmenen suurimman (pituus vuonna 1998 ja läpimita vuonna 2006) männyn keskipituus (cm) ja keskiläpimita (mm); Piiskaus=pahoin piiskaantuneiden ts. latvavaurioluokkiin 3, 4 ja 5 kuuluvien mäntyjen osuus (%).

²⁾ Vastaavaa tunnusta vuonna 1998 on käytetty varianssikomponenttimallin kovariattina. Arvot, joita ei ole merkitty samalla kirjaimella, eroavat tilastollisesti toisistaan (P<0,05). Prosenttiosuudet arcsin-neliöjuuri-muunnettiin ennen analyysiä.

vanhempien taimikoiden perkaamattomilla ruuduilla pahoin piiskaantuneiden mäntyjen osuus kasvoi neljässä vuodessa 12 %:sta 33 %:iin ja oli kahdeksan vuotta myöhemmin 37 %.

Taimikon harvennusvaiheessa (vuonna 2006), nuorempien taimikoiden latvontaa lukuun ottamatta, perkauksella oli merkitsevästi vähennetty pahoin piiskaantuneiden mäntyjen osuutta. Täysperatuilla ja kokeen alussa reikäperatuilla ruuduilla pahoin piiskaantuneiden mäntyjen osuus oli 3–8 %, mutta latvotuilla ruuduilla vastaava osuus oli 26 % nuoremmista taimikoissa ja 14 % vanhemmissa taimikoissa. Nuoremmista taimikoissa pahoin piiskaantuneiden mäntyjen lukumäärän muutoksissa oli merkitseviä käsittelyiden välisiä eroja sekä ensimmäisellä (1999–2002) (Saksa ja Miina 2007) että toisella nelivuotiskaudella (2003–2006). Sitä vastoin vanhemmissa taimikoissa käsittelyiden väliset erot vakavasti piiskaantuneiden mäntyjen lukumäärässä syntyivät jo ensimmäisellä nelivuotiskaudella (Saksa ja Miina 2007) ja toisella nelivuotiskaudella pahoin piiskaantuneiden mäntyjen lukumäärän muutoksissa

ei ollut enää käsittelyiden välisiä eroja.

Taimikon harvennusvaiheessa vuonna 2006 sekä nuorempien että vanhempien taimikoiden perkaamattomilla ruuduilla vain joka toisen kasvatettavan männyn latva kasvoi vapaana lehtipuuston kilpailusta (latvavaurioluokka 0 tai 1; tuloksia ei ole esitetty). Sitä vastoin täysperatuilla ruuduilla kilpailusta vapaana kasvavien mäntyjen osuus oli 91–96 % ja kokeen alussa reikäperatuilla ruuduilla 84–89 %. Reikäperkauksen viivästyttäminen kahdella tai neljällä vuodella ei vaikuttanut merkitsevästi lehtipuuston kasvatettaville männynlehdille aiheuttamiin latvavaurioihin.

3.4 Taimikonhoidon ajanmenekki

Kokeen alussa nuoremmista taimikoissa tehdyn reikäperkauksen ajanmenekki oli 75 % täysperkauksen ajanmenekistä, mikä selittyy sillä, että reikäperkauksessa poistettiin keskimäärin noin 40 % vähemmän puita kuin täysperkauksessa (taulukko 3).

Taulukko 3. Perkauksessa vuosina 1998, 2000 tai 2002 ja taimikon harvennuksessa vuonna 2006 poistetun puuston tunkukset sekä taimikonhoidon suhteelliset ajanmenekit ($ka \pm sd$) käsittelyruuduilla.

Tunnus ¹⁾		Ei perkausta, harvennus 2006	Reikäperkaus 1998, harvennus 2006	Reikäperkaus 2000, harvennus 2006	Reikäperkaus 2002, harvennus 2006	Täysperkaus 1998, harvennus 2006	Latvonta 1998, harvennus 2006	Käsittelyn vaikutus ²⁾	
								F-testi	P-arvo
A. Nuoremmat taimikot									
Perkaus	N	0±0	4337±1369	5037±2168	5367±5170	7600±3399	1660±1035	--	--
	D _s	0±0	25±1	25±1	28±3	25±1	27±3	--	--
	TC	0±0	75±19	81±23	77±56	100±0	47±13	--	--
Harvennus	N	13889±4099	15741±3985	13204±6026	13208±5176	15315±6184	14625±2886	0,51	0,764
	D _s	27±5	21±5	24±7	26±5	21±7	19±5	1,98	0,106
	TC	135±51	112±13	105±30	135±68	100±0	102±28	1,05	0,404
Yhteensä	TC	78±32	96±15	92±14	110±55	100±0	76±14	1,43	0,239
B. Vanhemmat taimikot									
Perkaus	N	0±0	7133±3406	--	--	7033±1639	2261±1515	--	--
	D _s	0±0	26±2	--	--	24±2	31±3	--	--
	TC	0±0	103±24	--	--	100±0	63±14	--	--
Harvennus	N	19600±8382	17661±7535	--	--	21344±10151	15661±3206	0,51	0,678
	D _s	25±8	22±6	--	--	18±7	21±7	1,25	0,324
	TC	128±43	109±26	--	--	100±0	106±38	0,96	0,436
Yhteensä	TC	78±20 ^a	107±21 ^b	--	--	100±0 ^b	88±19 ^{ab}	4,22	0,022

¹⁾ N = poistettujen runkojen lukumäärä (kpl/ha); D_s = poistettujen runkojen keskimääräinen kantoläpimitta (mm); TC = taimikonhoitotyön suhteellinen ajanmenekki (%) niin, että ko. lohkon täysperkausruudun ajanmenekki on 100. Taimikonhoidon ajanmenekki yhteensä on perkaukseen ja harvennuksen käytettyjen ajan summa.

²⁾ Arvot, joita ei ole merkitty samalla kirjaimella, eroavat tilastollisesti toisistaan (P < 0,05). Käsittelyn vaikutus taimikonhoitotyön ajanmenekkiin (TC) on testattu absoluuttisia ajanmenekkejä käyttäen.

Sitä vastoin vanhemmissa taimikoissa reikäperkauksen ja täysperkauksen ajanmenekissä ei ollut eroja, koska reikäperkauksessa poistettiin keskimäärin saman verran puita kuin täysperkauksessa. Tämä johtuu osaltaan siitä, että vanhemmissa taimikoissa kasvatettavia mäntyjä oli enemmän – ja siten myös reikäperatun alan osuus oli suurempi – kuin nuoremmissa taimikoissa (ks. taulukko 2). Latvontaan kulunut aika oli nuoremmissa taimikoissa vain 47 % ja vanhemmissa taimikoissa 63 % täysperkaukseen kuluneesta ajasta. Latvontaan kulunut aika on todennäköisesti aliarvio, sillä latvotut lehtipuut määritettiin neljän vuoden kuluttua latvonnasta ja kaikkia latvottuja puita ei mahdollisesti enää tunnistettu, erityisesti nuoremmissa taimikoissa.

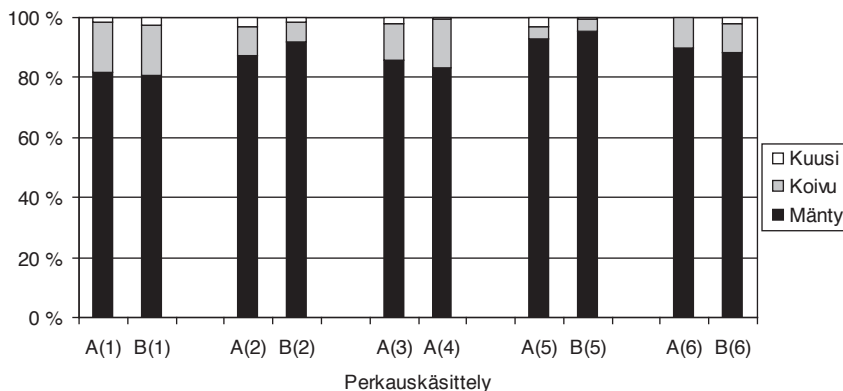
Taimikon harvennuksen ajanmenekissä ei ollut perkauskäsittelyiden välisiä eroja (taulukko 3). Perkaamattomilta ruuduilta poistetun puuston runkoluku oli pienempi, mutta rungot paksumpia kuin esimerkiksi täysperkausaloilta. Peratuilta aloilta taimikon harvennuksessa poistettiin etupäässä perkauskantoihin syntyneitä kantovesoja.

Perkaukseen ja harvennuksen käytetty kokonaisaika erosi tilastollisesti vain vanhemmissa taimikoissa; taimikonhoidon kokonaisajanmenekki oli pienin ruuduilla, joilla ei tehty perkausta lainkaan tai joilla latvottiin kilpailevat lehtipuut (taulukko 3). Reikäperattujen ja täysperattujen ruutujen taimikonhoidon kokonaisajanmenekit eivät eronneet tilastollisesti.

3.5 Puustotunnukset taimikon harvennuksen jälkeen

Taimikon harvennuksen jälkeen eri perkauskäsittelyjen runkoluvut eivät eronneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi (nuoret taimikot $P > 0,57$; vanhat taimikot $P > 0,18$) (taulukko 4). Perkaamattomilla ruuduilla mäntyjen osuus runkoluvusta oli keskimäärin noin 80 % kun täysperkausruuduilla mäntyjen osuus oli nuoremmissa taimikoissa 93 % ja vanhemmissa taimikoissa 95 % (kuva 1). Vastaavasti reikäperkausruuduilla mäntyjen osuus oli nuoremmissa taimikoissa 87 % ja vanhemmissa taimikoissa 92 %. Reikäperkauksen viivästyttäminen nuoremmissa taimikoissa laski mäntyjen osuutta taimikon harvennuksen jälkeisessä runkoluvussa.

Nuoremmissa taimikoissa käsittelyiden välillä oli merkitseviä eroja vain puuston keskipituudessa: täysperkausruuduilla kasvatettavan puuston keskipituus oli pienempi kuin muilla ruuduilla (taulukko 4). Tämä johtuu täysperkausruutujen mäntyjen alhaisemmasta keskipituudesta (ks. taulukko 2) ja siitä, että muilla ruuduilla koivujen (ovat mäntyjä pitempiä) osuus on suurempi kuin täysperkausruuduilla (kuva 1). Vanhemmissa taimikoissa harvennuksessa kasvamaan jäävän puuston keskiläpimitta, pohjapinta-ala ja tilavuus olivat merkitsevästi korkeammat reikäperatuilla ja täysperatuilla ruuduilla kuin perkaamattomilla ja latvotuilla ruuduilla.



Kuva 1. Mäntyjen, koivujen ja kuusien osuus taimikon harvennuksen jälkeisestä runkoluvusta nuoremmissa (A) ja vanhemmissa (B) taimikoissa. Perkauskäsittelyt: (1) ei käsittelyä, (2) reikäperkaus, (3) reikäperkaus 2 vuotta viivästettynä, (4) reikäperkaus 4 vuotta viivästettynä, (5) täysperkaus ja (6) lehtipuiden latvonta.

Taulukko 4. Taimikon harvennuksessa vuonna 2006 kasvamaan jäävän puuston tunnuksiset (ka ± sd) käsittelyruuduilla.

Tunnus ¹⁾	Ei perkausta	Perkaus					Latvonta 1998	Käsittelyn vaikutus ²⁾	
		Reikäperkaus 1998	Reikäperkaus 2000	Reikäperkaus 2002	Täysperkaus 1998	Täysperkaus 1998		F-testi	P-arvo
<i>A. Nuoremmat taimikot</i>									
N	1670±277	1844±292	1780±375	1721±306	1689±238	1750±251	0,77	0,576	
D	80±11	88±8	87±8	86±8	84±14	87±9	0,93	0,477	
H	654±75 ^a	645±42 ^a	662±38 ^a	670±54 ^a	581±93 ^b	669±56 ^a	3,95	0,008	
G	9,1±2,7	11,9±2,0	11,2±1,7	10,8±2,2	10,2±3,4	11,2±2,7	1,71	0,165	
V	35,4±11,2	45,6±8,3	43,9±7,2	42,3±10,0	38,0±14,7	43,8±11,2	1,65	0,180	
<i>B. Vanhemmat taimikot</i>									
N	1917±293	2128±273	--	--	2319±478	2117±493	1,90	0,184	
D	89±18 ^a	97±8 ^b	--	--	97±6 ^b	93±14 ^{ab}	3,50	0,049	
H	784±90	788±61	--	--	775±34	780±43	0,04	0,989	
G	14,2±3,4 ^a	17,7±2,8 ^b	--	--	18,9±3,1 ^b	16,6±1,5 ^{ab}	4,61	0,017	
V	56,2±18,6 ^a	73,5±22,7 ^{bc}	--	--	82,4±18,0 ^c	67,2±21,8 ^{ab}	5,51	0,013	

¹⁾ N=runkoluku (kpl/ha); D=keskiläpimita (mm); H=keskipituus (cm); G=pohjapinta-ala (m²/ha); V=tilavuus (m³/ha).

²⁾ Arvot, joita ei ole merkitty samalla kirjaimella, eroavat tilastollisesti toisistaan (P<0,05).

3.6 Simuloidut puustotunnukset ensiharvennuksessa

Taimikon harvennuksessa kasvamaan valittujen puiden kehitystä simuloitiin 10 vuotta ensiharvennusvaiheeseen, jolloin nuorempien metsiköiden valtaisuus oli noin 12,5 m ja vanhempien metsiköiden noin 14 m. Nuorempien metsiköiden ollessa ensiharvennusvaiheessa vain puuston keskipituudessa oli merkitseviä eroja perkauskäsittelyiden välillä (taulukko 5): täysperkausruuduilla puuston keskipituus oli edelleen pienempi kuin muilla ruuduilla (vrt. taulukko 4). Nuoremmassa metsiköissä ei ollut merkitseviä käsittelyiden välisiä eroja käyttöpuun (kuitu- ja tukkipuun) poistuman tilavuudessa, mutta perkaamattomilla ja neljä vuotta muuta ruutuja myöhemmin reikäperatuilla ruuduilla poistumasta oli enemmän koivua kuin esimerkiksi täysperkausruuduilla.

Vanhempien metsiköiden perkaamattomilla ruuduilla puuston pohjapinta-ala ja tilavuus olivat tilastollisesti merkitsevästi alhaisempia kuin reikäperatuilla ja täysperatuilla ruuduilla (taulukko 5). Harvennuspoistuman kokonaistilavuudessa ei ollut perkauskäsittelyiden välisiä eroja, mutta reikäperatuilla ja täysperatuilla ruuduilla poistumasta oli enemmän mäntyä kuin perkaamattomilla ruuduilla. Vanhempien metsiköiden

latvottujen ruutujen puustotunnuksista vain pohjapinta-ala erosi tilastollisesti merkitsevästi perkaamattomien ruutujen puustotunnuksista.

3.7 Taimikon vaikutus ja taimikon ja käsittelyn yhdysvaikutus

Käsittelyvaikutuksen lisäksi varianssianalyyseissä oli mukana myös taimikon vaikutus sekä taimikon ja käsittelyn yhdysvaikutus (yhtälö 1), mutta nämä tekijät olivat harvoin tilastollisesti merkitseviä (testisuureita ei ole esitetty). Nuorten taimikoiden mäntyjen pituuskehitykset erosivat merkitsevästi toisistaan koko tarkastelujakson ajan mahdollisesti kasvupaikkaeroista johtuen, vaikka kokeen alussa taimikoiden pituuksissa ei ollutkaan eroja. Lähtötilanteessa taimikot erosivat toisistaan vain mäntyjen runkoluvun ja keskiläpimitan osalta. Nuorten taimikoiden välillä oli merkitseviä eroja myös pahoin piiskaantuneiden mäntyjen osuuden kehityksessä. Vanhat taimikot erosivat merkitsevästi toisistaan taimikonhoidon kokonaisajanmenekin ja taimikon harvennuksen jälkeisen keskiläpimitan ja pohjapinta-alan osalta, mikä johtunee siitä, että vanhemmissa taimikoissa lehtipuuston määrä erosi voimakkaasti toisistaan (taulukko 1).

Taulukko 5. Ensiharvennussvaiheeseen kasvatettujen puustojen tunnuksset ($ka \pm sd$) käsittelyruuduilla vuonna 2016. Lähtöpuustoina käytettiin taimikon harvennussvaiheessa vuonna 2006 käsittelyruuduilta kasvatuskelpoisiksi määritettyjä puita, joita kasvatettiin 10 vuotta Motti-ohjelmistolla.

Tunnus ¹⁾	Ei perkausta, harvennus 2006	Reikäperkaus 1998, harvennus 2006	Reikäperkaus 2000, harvennus 2006	Reikäperkaus 2002, harvennus 2006	Täysperkaus 1998, harvennus 2006	Latvonta 1998, harvennus 2006	Käsittelyn vaikutus ²⁾	
							F-testi	P-arvo
<i>A. Nuoremmat metsiköt</i>								
N	1625±274	1776±281	1692±363	1641±306	1654±237	1703±248	0,57	0,724
G	26,3±3,5	29,4±2,9	28,2±3,5	27,3±3,5	27,8±3,2	28,4±3,3	1,65	0,180
H _g	11,8±0,7 ^a	11,5±0,3 ^a	11,7±0,4 ^a	11,7±0,5 ^a	11,0±0,8 ^b	11,7±0,5 ^a	3,98	0,007
D _g	15,8±0,8	15,7±0,6	16,0±1,2	16,0±0,9	15,7±0,9	15,7±0,7	0,34	0,885
V	157,5±23,3	172,6±18,7	168,1±21,0	163,6±22,8	158,4±25,6	169,0±20,5	1,62	0,188
Vr	43,4±19,1	53,2±17,4	46,8±22,3	45,2±20,4	44,1±15,4	50,4±17,0	0,97	0,455
– mäntyä	37,0±19,7	49,1±17,4	43,6±22,2	40,3±21,6	41,9±15,9	47,4±18,3	1,04	0,413
– koivua	5,9±4,7 ^a	2,6±2,3 ^{bc}	2,5±0,9 ^{bc}	4,7±3,4 ^{ab}	1,2±1,2 ^c	2,2±2,2 ^{bc}	4,58	0,003
<i>B. Vanhemmat metsiköt</i>								
N	1840±275	2090±283	--	--	2238±520	2067±478	1,75	0,210
G	29,7±4,9 ^a	34,1±4,3 ^b	--	--	35,5±4,8 ^b	32,7±5,1 ^b	6,33	0,008
H _g	13,0±1,2	12,7±0,4	--	--	12,5±0,3	12,8±0,4	0,42	0,742
D _g	15,6±0,8	15,5±0,5	--	--	15,5±1,3	15,6±1,2	0,03	0,994
V	193,1±26,8 ^a	221,5±27,8 ^b	--	--	227,7±33,0 ^b	212,1±32,4 ^{ab}	4,27	0,029
Vr	61,3±19,5	84,5±22,0	--	--	87,3±32,6	78,4±23,2	2,83	0,084
– mäntyä	54,8±28,2 ^a	82,1±26,7 ^b	--	--	86,3±33,9 ^b	74,0±31,2 ^{ab}	4,53	0,024
– koivua	6,1±11,6	2,3±4,8	--	--	0,8±1,3	3,8±8,2	1,67	0,227

¹⁾ N=runkoluku (kpl/ha); G=pohjapinta-ala (m²/ha); H_g=pohjapinta-alalla painotettu keskipituus (m); D_g=pohjapinta-alalla painotettu keskiläpimitta (cm); V=tilavuus (m³/ha); Vr=käyttöpuun kokonaispoistuma sekä männyn ja koivun poistuma ensiharvennuksessa (m³/ha).

²⁾ Arvot, joita ei ole merkitty samalla kirjaimella, eroavat tilastollisesti toisistaan (P<0,05).

Taimikon ja käsittelyn yhdysvaikutus oli tilastollisesti merkitsevä (käsittelyvaikutuksen ohella) vain kun tarkasteltiin vanhojen taimikoiden pahoin piiskaantuneiden mäntyjen osuuden kehitystä ja taimikon harvennuksen jälkeistä keskiläpimittaa. Koska Rantalassa taimikossa lehtipuustoa oli enemmän kuin Halla-Sippolan taimikossa (taulukko 1), niin Rantalassa perkaamattomilla ruuduilla pahoin piiskaantuneiden mäntyjen osuus oli korkeampi ja taimikon harvennuksessa kasvamaan jäävien puiden keskiläpimitta alhaisempi kuin Halla-Sippolassa. Rantalassa kasvamaan jäävien puiden ruutukohtainen keskiläpimitta oli 19 mm pienempi kuin Halla-Sippolassa. Tilastollisesti merkitsevät yhdysvaikutukset tukevat perkauskäsittelyiden vaikutuksista saatuja tuloksia.

4 Tulosten tarkastelu

Runsaasti koivua sisältävän männyn istutustaimikon perkaus osoittautui perustelluksi: jos perkaus jätettiin tekemättä, vähintään 25 % männyn runkoluvusta menetettiin harvennuksen mennessä (valtapituus 7–8 m). Istutustaimien kuolleisuus on vieläkin suurempi, jos ennen kokeen perustamista kuolleet taimet otetaan huomioon. Tämä vastaa Karlssonin ym. (2002) esittämää tulosta, jonka mukaan mäntyjen kuolleisuus hoitamattomassa mänty-koivu-taimikossa nousi 33 %:iin 8 metrin pituusvaiheeseen mennessä. Kuolleisuuden lisäksi 10 % elossa olevien mäntyjen latvoista oli lehtipuuston pahoin vaurioitettavia ja vain joka toinen jäljellä ollut mänty kasvoi vapaana lehtipuuston kilpailusta. Näin ollen perkauksen laiminlyönnin vaikutukset näkyvät kuolleisuuden lisäksi myös puuston latvavaurioissa ja kasvussa.

Hoitamattomuuteen verrattuna 1,5 metrin pituusvaiheessa tehty täysperkaus ja reikäperkaus pienensivät merkittävästi mäntyjen kuolleisuutta ja lehtipuiden aiheuttamia latvavaurioita. Peratuilla ruuduilla perkauksen ja taimikon harvennuksen välisenä aikana kuolleiden ja vakavasti vaurioituneiden mäntyjen osuus oli keskimäärin vain 3–8 %. Kun reikäperkausta myöhennettiin 2,5 metrin tai 3,5 metrin keskipituuteen, männystä kuoli – pääasiassa ennen perkausta – noin 15 %. Vaikka reikäperkaus olisi tehty vuotta kahta aiemmin noin metrin pituusvaiheessa, mäntyjen kuolleisuus tai latvavaurioiden lukumäärä ei olisi todennäköisesti juurikaan lisääntynyt ennen taimikon harvennusta. Täysperkauksen vaikutus mäntyjen elinvoimaisuuteen vastasi Karlssonin ym. (2002) saamaa tulosta, mutta reikäperkauksen vaikutus oli nyt tehdyssä tutkimuksessa selvästi parempi. Ero tuloksissa voi selittyä reikäperkauksessa käytettyjen ”reikien” kokoerolla. Karlsson ym. (2002) käyttivät reikäperkauksessa 0,8 metrin sädettä, kun tässä tutkimuksessa säteenä oli 1 m, mikä johti pinta-alaltaan yli 50 % suurempaan perattuun alaan mäntyä kohti.

Latvannon (eli lehtipuiden katkaiseminen rinnankorkeudelta) tavoitteena on pitää kilpailevat lehtipuut elossa tuomassa lisätiheyttä, jolloin latvottuun puuhun tulee jäädä myös vihreää latvusta. Tulosten mukaan latvonta ei turvannut mäntyjen kehitystä. Katkaistujen lehtipuiden pituus saavutti nopeasti mäntyjen pituuden ja 14–26 % männystä kuoli tai sai vakavan latvavaurion ennen taimikon harvennusta. Fällmanin ym. (2003) mukaan kilpailevien lehtipuiden latvonta tuotti hyvän tuloksen tiheässä, hieman yli 1,5 metrin pituisessa koivikossa, mutta männyn taimikossa tämä perkausmenetelmä ei näytä toimivan, vaikka latvonta tehtäisiin vasta kun mäntyjen keskipituus on noin 3 m. Fällmanin ym. (2003) tutkimuksessa latvonta tehtiin kesällä koivun puhjetua lehteen, kun taas tässä tutkimuksessa käsittelyt tehtiin syksyllä. Keskikesällä tehdyn täysperkauksen (Etholén 1974, Ferm ja Issakainen 1981, Johansson 1992, Hytönen 1994) ja latvannon (Ligné ym. 2005) tiedetään heikentävän koivun vesojen pituuskehitystä lepokaudella tai talvella tehtyyn perkauskäsittelyyn verrattuna. Lisäksi Fällmanin ym. (2003) tutkimuksessa puuston tiheys oli 2–4-kertainen tämän tutkimuksen taimikoihin verrattuna, minkä vuoksi puiden välisessä kilpailussa kasvutekijöistä

ja sitä kautta latvonnasta toipumisessa on saattanut olla eroja.

Kaksivaiheisen taimikonhoidon (perkaus ja harvennus) työajanmenekki osoittautui hieman suuremmaksi kuin vain yhden taimikonhoitotoimenpiteen (taimikon harvennus 7–8 metrin valtapituusvaiheessa) työajanmenekki, mutta ero ei osoittautunut tässä aineistossa merkittäväksi. Käsittelyruutujen välinen vaihtelu perkauksen ja harvennuksen ajanmenekissä oli suurta ja käsittelyruutuja oli suhteellisen vähän (8 tai 9), mikä vaikeutti tilastollisesti merkitsevien erojen löytymistä. Reikäperkauksen ajanmenekkiin vaikutti myös kasvatettavien mäntyjen runkoluku: mitä enemmän kasvatettavia taimia oli, sitä suuremmaksi perattava pinta-ala muodostui. Tämän vuoksi erittäin tiheissä taimikoissa reikäperkauksen ajanmenekki lähestyy täysperkauksen ajanmenekkiä. Vaikka viivästetty reikäperkaus ei kasvattanutkaan taimikonhoitoketjun kokonaisajanmenekkiä tässä aineistossa, niin perkauksen viivästyttäminen ei ole suositeltavaa taimikonhoidon kustannusten näkökulmasta. Perkauksessa poistettavien runkojen kantoläpimitan kasvu lisää perkauksen työajanmenekkiä. Jo parin vuoden viivästys perkauksessa lisää ajanmenekkiä 10–42 % (Kaila ym. 2006).

Taimikon harvennuksen jälkeen puuston runkoluku oli likimain sama eri taimikonhoitoketjuissa, mutta vain taimikon harvennuksen sisältäneessä ketjussa männyn osuus jäi 80 %:iin kun eri tavoin peratuissa kohteissa mäntyä oli 87–95 % runkoluvusta. Kun männyn taimikko vapautettiin lehtipuustosta vasta 7–8 metrin valtapituudessa, oli jo puolet kasvatettavista männystä jäänyt koivujen varjoon ja noin kolmannes kasvatettavista männystä kärsi vakavista, koivujen piiskauksen aiheuttamista latvavaurioista. Ruhan ja Varmolan (1997) mukaan puhtaissa männyn taimikoiden harvennuskokeissa kilpailusta vapautettujen mäntyjen kehitys oli jatkossa selvästi hitaampaa kuin samankokoisten mutta pitempään vapaana kasvavien mäntyjen kehitys. Mäntyjen vapautumista koivujen aiheuttamasta kilpailusta ja latvavaurioista ei voitu ottaa täysin huomioon taimikon harvennuksen jälkeisissä simuloinneissa (ks. Hynynen ym. 2002). Erityisesti lehtipuuston kilpailun vaikutuksia mäntyjen laatuun ei kyetty simuloimaan. Näin ollen taimikoiden jatkokehityssennusteisiin tulee suhtautua varauksella, koska käsittelyjen väliset erot lähtöpuustojen elinvoim

maisuuudessa kuvautuvat vain osittain kuvauspuiden läpimittojen, pituuksien ja latvussuhteiden avulla.

Tulosten mukaan runsaasti koivua sisältävissä männyn istutustaimikoissa on tehtävä taimikonhoito kahdessa vaiheessa (perkaus ja taimikon harvennus), jotta mäntyjen runkoluku säilyy ja männyt säästyvät lehtipuiden aiheuttamilta latvavaurioilta. Perkaus (täysperkaus tai reikäperkaus) tulee tehdä niin mäntyjen elinvoimaisuuden kuin taimikonhoidon kustannustenkin kannalta riittävän aikaisin. Tässä tutkimuksessa perkaus tehtiin aikaisimmillaan mäntyjen ollessa 1,5 metrin keskipituudessa, mutta perkausta olisi voitu aikaistaa 1–2 vuotta (Saksa ja Miina 2007). Tällöin kyseessä olisi ns. varhaisperkaus (esim. Kuru 2005). Perkausmenetelmällä ei ollut suurta vaikutusta mäntyjen elossa oloon eikä kasvuun, mutta lehtipuiden latvonta ei turvannut mäntyjen kehitystä yhtä hyvin kuin reikä- ja täysperkaus.

Oikein ajoitetun kaksivaiheisen taimikonhoitoketjun ajanmenekki ei osoittautunut merkittävästi yhden myöhäisen taimikonhoidon (valtapituus 7–8 m) ajanmenekkiä suuremmaksi. Samoin perkausmenetelmällä (täysperkaus, reikäperkaus) ei ollut merkittävää vaikutusta koko kaksivaiheisen taimikonhoitoketjun ajanmenekkiin. Männikön jatkokehityksen kannalta kaksivaiheinen taimikonhoito johti yksivaiheista parempaan tulokseen puuston tilavuuden ja ensiharvennuskertymän suhteen, vaikka erot eivät muodostuneetkaan tilastollisesti merkitseviksi.

Kiitokset

Perkauskokeet perustettiin yhteistyössä UPM Metsän kanssa. Haluamme kiittää aikaisempaa metsänhoitopäällikköä Fred Kallandia, nykyistä metsänhoitopäällikköä Jyri Schildtiä ja laatupäällikköä Kari Kurua heidän mielenkiinnostaan ja tuestaan taimikonhoidon tutkimusta kohtaan.

Kirjallisuus

- Andersson, B. 1993. Lövträdens inverkan på små tallars (Pinus sylvestris) överlevnad, höjd och diameter. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsskötsel, Rapporter 36. 36 s.
- Etholén, K. 1974. Kaatoajankohdan vaikutus koivun ja haavan vesomiseen taimistonhoitoaloilla Pohjois-Suomessa. *Folia Forestalia* 213. 16 s.
- Ferm, A. & Issakainen, J. 1981. Kaatoajankohdan ja kaatotavan vaikutus hieskoivun vesomiseen turvemaalla. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 33. 13 s.
- Fällman, K., Ligné, D., Karlsson, A. & Albrektson, A. 2003. Stem quality and height development in a Betula-dominated stand 7 years after precommercial thinning at different stump heights. *Scandinavian Journal of Forest Research* 18: 145–154.
- Huuskonen, S., Hynynen, J. & Ojansuu, R. 2008. Stand characteristics and external quality of young Scots pine stands in Finland. *Silva Fennica* 42: 397–412.
- Hynynen, J., Ojansuu, R., Hökkä, H., Siipilehto, J., Salminen, H. & Haapala, P. 2002. Models for predicting stand development in MELA System. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 835. 116 s.
- , Valkonen, S. & Rantala, S. (toim.). 2005a. Tuottava metsänkasvatus. *Metsäntutkimuslaitos ja Metsäkasvatus Oy, Helsinki*. 221 s. + Motti-ohjelmisto.
- , Ahtikoski, A., Siitonen, J., Sievänen, R. & Liski, J. 2005b. Applying the MOTTI simulator to analyse the effects of alternative management schedules on timber and non-timber production. *Forest Ecology and Management* 207: 5–18.
- Hytonen, J. 1994. Effect of cutting season, stump height and harvest damage on coppicing and biomass production of willow and birch. *Biomass and Bioenergy* 6(5): 349–357.
- Hyvän metsänhoidon suosituksset. 2006. *Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio*. Julkaisusarja 22/2006. 100 s.
- Hämäläinen, J. & Kaila, S. 1983. Taimikon perkauksen ja harvennuksen sekä uudistusalan raivauksen ajanmenekki-suhteet. *Metsätehon katsaus* 16/1983. 4 s.
- , Kalland, F. & Salpakivi-Salomaa, P. 1995. Luontainen koivu istutustaimikoissa. *Metsätehon katsaus* 13/1995. 6 s.
- Ikäheimo, E. & Norokorpi, Y. 1986. Perkauksen vaikutus männyn istutustaimikoiden kehitykseen, laatuun ja tuhoihin Pohjois-Suomessa. *Folia Forestalia* 647. 49 s.

- Johansson, T. 1992. Sprouting of 2- to 5-year-old birches (*Betula pubescens* Ehrh. and *Betula pendula* Roth) in relation to stump height and felling time. *Forest Ecology and Management* 53: 263–281.
- Kaila, S., Kiljunen, N., Miettinen, A. & Valkonen, S. 2006. Effect of timing of precommercial thinning on the consumption of working time in *Picea abies* stands in Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research* 21: 496–504.
- Karlsson, A., Albrektson, A., Elfving, B. & Fries, C. 2002. Development of *Pinus sylvestris* main stems following three different precommercial thinning methods in a mixed stand. *Scandinavian Journal of Forest Research* 17: 256–262.
- Kellomäki, S., Lämsä, P., Oker-Blom, P. & Uusvaara, O. 1992. Männyn laatukasvatus. *Silva Carelica* 23. 133 s.
- Korhonen, K.T., Ihalainen, A., Miina, J., Saksa, T. & Viiri, H. 2010. Metsänuudistamisen tila Suomessa. Käsitkirjoitus.
- Kuru, K. 2005. Taimikonhoito. Julkaisussa: Rantala, S. (toim.). *Metsäkoulu. Metsäkustannus, Hämeenlinna*. s. 87–94.
- Ligné, D., Karlsson, A. & Nordfjell, T. 2005. Height development of *Betula pubescens* following precommercial thinning by breaking or cutting the treetops in different seasons. *Scandinavian Journal of Forest Research* 18: 136–145.
- Metsäalan työehtosopimus 1.5.2008–31.5.2010. [Verkojulkaisu]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/data/tes/stes1542-TT51Metsa0805.pdf>. [Viitattu 9.3.2010].
- Persson, A. 1977. Kvalitetsutveckling inom yngre förbandsförsök med tall. Skogshögskolan, Institutionen för Skogsproduktion, Rapport och Uppsatser 45. 152 s.
- Pettersson, N. 1993. The effect of density after precommercial thinning on volume and structure in *Pinus sylvestris* and *Picea abies* stands. *Scandinavian Journal of Forest Research* 8: 528–539.
- Ranta, E., Rita, H. & Kouki, J. 1989. *Biometria. Tilastotiedettä ekologeille*. Yliopistopaino, Helsinki. 569 s.
- Ruha, T. & Varmola, M. 1997. Precommercial thinning in naturally regenerated Scots pine stands in northern Finland. *Silva Fennica* 31: 401–415.
- Räsänen, P.K., Pohtila, E., Laitinen, E., Peltonen, A. & Rautiainen, O. 1985. Metsien uudistaminen kuuden eteläisimmän piirimetsälautakunnan alueella. Vuosien 1978–1979 inventointitulokset. *Folia Forestalia* 637. 30 s.
- Saksa, T. 1992. Männyn istutustaimikoiden kehitys muokatuilla uudistusaloilla. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 418. 48 s.
- & Kankaanhuhta, V. 2007. Metsänuudistamisen laatu ja keskeisimmät kehittämiskohteet Etelä-Suomessa. *Metsäntutkimuslaitos, Suonenjoen yksikkö. Gummerus kirjapaino Oy, Jyväskylä*. 90 s.
- & Miina, J. 2007. Cleaning methods in planted Scots pine stands in southern Finland: 4-year results on survival, growth and whipping damage of pines. *Silva Fennica* 41: 661–670.
- , Särkkä-Pakkala, K. & Smolander, H. 2002. Työkalu metsänuudistamisen laatutyöhön. *Metsätieteen aikakauskirja* 1/2002: 29–34.
- Salminen, H. & Varmola, M. 1990. Puolukkatyyppin kylvömänniköiden kehitys taimikon myöhäisestä harvennuksesta nuoren metsän ensiharvennukseen. *Folia Forestalia* 752. 29 s.
- , Lehtonen, M. & Hynynen, J. 2005. Reusing legacy FORTRAN in the MOTTI growth and yield simulator. *Computers and Electronics in Agriculture* 49: 103–113.
- SPSS Inc. 2006. *SPSS 15.0 command syntax reference*. SPSS Inc. Chicago, IL. 2122 s.
- Valkonen, S. & Ruuska, J. 2003. Effect of *Betula pendula* admixture on tree growth and branch diameter in young *Pinus sylvestris* stands in Southern Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research* 18: 416–426.
- Varmola, M. 1980. Männyn istutustaimistojen ulkoinen laatu. *Folia Forestalia* 451. 21 s.
- 1996. Nuorten viljelymänniköiden tuotos ja laatu. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 585. 70 s. + 6 liitettä.
- Vestjordet, E. 1977. Avstandsregulering av unge furu- og gran-bestand. I: *Materiale, stabilitet, dimensjonsfordeling, m.v.. Meddelelser fra Norsk Institutt for Skogforskning* 33: 309–436.
- Vuokila, Y. 1972. Taimiston käsittely puuntuotannolliselta kannalta. *Folia Forestalia* 141. 37 s.

38 viitettä