



Reeta Stöd



Matti Sirén



Vesa Tantt



Erkki Verkasalo

Reeta Stöd, Matti Sirén, Vesa Tantt ja Erkki Verkasalo

Jäävän puuston ja poistuman tekninen laatu ensiharvennusmänniköissä

Stöd, R., Sirén, M., Tantt, V. & Verkasalo, E. 2003. Jäävän puuston ja poistuman tekninen laatu ensiharvennusmänniköissä. *Metsätieteen aikakauskirja* 4/2003: 439–464.

Tutkimuksessa selvitettiin ensiharvennusmänniköiden runkojen ulkoista (teknistä) laatua ja siihen vaikuttavia tekijöitä Hämeen-Uudenmaan, Keski-Suomen ja Etelä-Pohjanmaan alueilla. Aineisto kerättiin 66 leimikolta, joista jokaiselta mitattiin yksi 200 m²:n koeala. Koealan keskelle leimattiin ajoura ja uran ulkopuolelle tehtiin laatuharvennusperiaatteen mukainen mallileimaus. Kaikista ainespuun mittaisista männyistä mitattiin tärkeimmät puutunnukset ja määritettiin rungon ulkoinen laatu, laatuluokka sekä terveydentila.

Koepuita oli 2474 kpl ja yli puolet niistä oli ulkoisesti virheettömiä. Yleisimpiä vikoja olivat oksaisuus, poikaoksausuus, mutkaisuus sekä näiden yhdistelmät. Vikaisten puiden suhteellista osuutta kuvaavassa sekamallissa merkitseviä päävaikutuksia olivat metsäkeskus ja puuluokka. Keskimääräistä laatuluokkaa kuvaavassa sekamallissa päävaikutukset olivat metsäkeskus, metsä- tai turvekangastyypin, syntytyyppi ja puuluokka. Malleissa todettiin merkitseviksi myös metsäkeskuksen ja syntytyyppien, metsäkeskuksen ja puuluokan sekä metsä- tai turvekangastyypin ja syntytyyppien yhdysvaikutukset. Mallileimauksessa kasvatettaviksi jätetyistä puista 89% oli tukkipuiksi kasvatuskelpoisia. Poistettavista puista 80% sisälsi vähimmäislaatuvaatimukset täyttäneen tukkiahion.

Ajouran takia menetettävien kasvatuskelpoisten puiden määrä oli aineistossa keskimäärin 135 kpl/ha, ja laadultaan parhaissa leimikoissa jopa 250–300 kpl/ha. Ajouran avaaminen pienensi tukkiahiohollisten jäävien puiden kokonaismäärää noin 14 prosentilla verrattuna tilanteeseen, jossa mallileimausta sovellettiin koko koealalle eikä koealalla ollut ajouraa. Virheettömien puiden osuuksiin tai puiden laatuluokkajakaumiin ajoura ei juuri vaikuttanut.

Erityisesti turvekankailla ajouran sijoittamisella on suuri vaikutus jäävän puuston laatuun. Ojan penkalle sijoitettavan ajouran vuoksi poistetaan metsikön ulkoiselta laadultaan huonoimmat mutta suurikokoisimmat puut, joiden kasvuun ojitus on eniten vaikuttanut. Vaihtoehtoisesti ajoura voidaan sijoittaa kohtisuoraan ojaan vastaan, jolloin poistetaan tasaisemmin kaikkien kokoluokkien puita. Harvennuksille suunniteltuja pieniä hakkuukoneita käytettäessä varsinaiset ajourat voidaan turvekankailla myös jättää kokonaan tekemättä.

Asiasanat: mänty, ensiharvennus, tekninen laatu, ajoura

Yhteystiedot: Metla, Joensuun tutkimuskeskus, PL 68, 80101 Joensuu

Sähköposti: reeta.stod@metla.fi

Hyväksytty 13.10.2003

I Johdanto

Pienet hehtaari- ja leimikkokohtaiset kertymät, korkeat korjuukustannukset ja useimpien teollisten käyttötarkoitusten kannalta keskimääräistä huonompi puuraaka-aineen laatu ovat ensiharvennusten toteuttamisen ja ensiharvennuspuun hyödyntämisen esteitä. Ensiharvennus on kuitenkin tärkeä toimenpide, jonka laiminlyöminen johtaa vallitsevan latvuserroksen puiden järeyskehityksen hidastumiseen, puuston elinvoimaisuuden heikkenemiseen, tulevaisuuden tukkipuun kertymän pienenemiseen ja metsikön kiertoajan pitenemiseen (Ensiharvennustyöryhmän muistio 1988, Hakkila 1996). Ensiharvennus vaikuttaa merkittävästi puuston laatukehitykseen, kun taas myöhemmillä harvennuksilla laatua voidaan parantaa vain huonoimpia puita poistamalla (Vuokila 1982, Kellomäki ym. 1992). Kahdeksannen valtakunnan metsien inventoinnin (1986–1994) tuloksiin perustuvien laskelmien mukaan vuotuinen ensiharvennusten tarve on kuluvalla kymmenvuotiskaudella Etelä-Suomessa 160 000 hehtaaria, josta mäntyvaltaisten metsien osuus on 100 000 hehtaaria (Hakkila ym. 1995). Vuonna 2001 ensiharvennuksia tehtiin koko maassa 177 000 hehtaarilla ja myöhempiä harvennuksia 132 000 hehtaarilla (Metsätilastollinen vuosikirja 2002).

Puun tai puutavaran laatu tarkoittaa yleisesti soveltuvuutta kulloinkin kyseessä olevaan käyttötarkoitukseen. Näin ollen jossakin prosessissa tai tuotteessa haitallinen raaka-aineen ominaisuus ei välttämättä ole toisessa prosessissa merkitsevä tai voi olla jopa eduksi. Laatua ei kuitenkaan voida ilmaista yksiselitteisillä mittasuureilla, sillä se on usean ominaisuuden yhteisvaikutuksen tulos, ja hyvä laatu voidaan siten määrittellä esimerkiksi laatua heikentävien vikojen puuttumiseksi (Lämsä ym. 1990, Kellomäki ym. 1992, Hakkila ym. 2002). Kaikki puun käyttökelpoisuuteen vaikuttavat poikkeamat normaalisuudesta ovat vikoja. Normaali-puun määritelmä sisältää ajatuksen ideaalipuusta, joka on ominaisuuksiltaan kuhunkin käyttötarkoitukseen mahdollisimman hyvä, mutta kuitenkin luonnossa täysin mahdollinen (esim. Hakkila ym. 2002, Kärkkäinen 2003). Koska ensiharvennuksessa poistettavat puut ovat metsikön huonolaatuisimpia ja pienimpiä, mekaanisen puunjalostuksen laatu- ja

mittavaatimukset täyttävien puiden osuus harvennuskertymästä on yleensä pieni, sillä sahattavilla pieniläpimittaisilla puilla etenkin puun suoruutta koskevat laatuvaatimukset korostuvat (esim. Wall ym. 2003).

Männyllä merkittäviä vikoja ovat poikkeamat suoruudesta eli lenkous ja erilaiset mutkat sekä haarat ja poikaoksat. Lenkoutta ja mutkaisuutta aiheuttavat mm. puihin kohdistuvat mekaaniset rasitukset, istutusvirheet ja niistä johtuva puun kallistuminen taimivaiheessa, tuuli ja maan painuminen (Uusvaara 1991, Kärkkäinen 2003). Eri perimän omaavilla puilla on myös usein erilainen taipumus kasvaa runkomuodoltaan suorasta poikkeaviksi (esim. Lämsä ym. 1990, Kellomäki ym. 1992). Haarausutta aiheuttaa esimerkiksi latvaverson vaurioituminen, ja poikaoksa puolestaan on latvan tai haaran jäännös (Kärkkäinen 2003).

Oksat ovat keskeinen puun ja puutavaran vika puutuoteteollisuudessa, joten mekaanisessa puunjalostuksessa käytettävän rungon laatu määritetään yleisimmin oksikkuuden perusteella (Kärkkäinen 2003). Oksien vaikutus on haitallinen myös useimmissa muissa puunjalostuksen muodoissa. Rungon oksikkuutta kuvaamaan on käytetty ainakin paksuimman oksan läpimittaa, oksien keskiläpimittaa, oksien lukumäärää oksakiehkurassa tai tietyn pituisessa osassa runkoa, latvusrajan korkeutta, oksien poikkileikkauspinta-alaa sekä oksapuun massaa suhteessa puun kokonaisuutensa (Varmola 1980, Lämsä ym. 1990, Kellomäki ym. 1992, Kärkkäinen 2003).

Oksan paksuuden ja rungon läpimitan välillä on voimakas riippuvuus, jonka vuoksi pieniin puihin painottunut läpimittajakauma tuottaa suhteellisesti hento-oksaisempia runkoja kuin suuriin puihin painottunut jakauma (Hakkila ym. 1972, Varmola 1980, Vuokila 1982, Kellomäki ja Väisänen 1986, Salminen ja Varmola 1990). Männystä tulee paksuksaisia etenkin hyvillä kasvupaikoilla ja istutusmänniköille tyypillisillä, pienillä kasvatusstiheyksillä (Varmola 1980, Vuokila 1982, Uusvaara 1991). Viljavilla kasvupaikoilla tarvitaan oksien paksuuden rajoittamiseksi suurempi kasvatusstiheys kuin karuilla kasvupaikoilla; tämä on tarkoituksenmukaista myös kasvupaikan runsaamman ravinteisuuden hyödyntämiseksi tilavuuteen perustuvaa puuntuotosta optimoitaessa (Lämsä ym. 1990). Metsikön rakenne ja

kasvupaikan viljavuus vaikuttavat oksikkuuteen sekä suorasti että epäsuorasti. Puiden koko ja kasvupaikan viljavuus lisäävät oksien paksuutta, mutta ne vaikuttavat myös runkojen kasvunopeuden kautta, sillä nopeasti järeytyvä runko muodostuu paksuoksaiseksi ja hitaasti järeytyvä runko ohutoksaiseksi (Lämsä ym. 1990).

Erot oksien keskiläpimitoissa esimerkiksi kasvupaikkojen välillä ovat pienemmät kuin paksuimpien oksien läpimitoissa, joten paksuimman oksan läpimitta on oksien keskiläpimittaa parempi puun laadun kuvaaja (Uusvaara 1991). Puun paksuimman oksan läpimitan käyttö puun oksikkuuden tunnuksena on tarkoituksenmukaista myös siksi, että sillä on suora yhteys rungon ulkoiseen laatuun ja sahatavaran laatuluokitteluun (Lämsä ym. 1990, Pohjoismainen sahatavara... 1994). Oksien keskiläpimitta puolestaan on tunnuksista käyttökelpoisempi silloin, kun paksuin oksa on yksittäinen epätavallisen paksu oksa, esimerkiksi poikaoksa (Uusvaara 1991).

Nuoriin mäntyihin syntyy vuosittain keskimäärin 4,7 oksaa (Kellomäki ym. 1992). Oksien lukumäärä kiehkurassa vaihtelee paljon, mutta sen on todettu olevan sitä suurempi mitä viljavammasta kasvupaikasta on kysymys tai mitä harvempaa ja hyväkasvuisempaa puusto on (Vuokila 1982, Kellomäki ym. 1992, Kärkkäinen 2003). Varmolan tutkimuksen (1980) mukaan puuston tiheyden kasvu kuitenkin lisää jonkin verran oksien lukumäärää kiehkurassa. Elävien oksien kokonaismäärä lisääntyy puun metsikköaseman parantuessa ja vähenee puuston tiheyden ja kasvupaikan viljavuuden kasvaessa. Elävien oksien kokonaismäärä on suuri erityisesti karujen kasvupaikkojen harvoissa puustoissa (Kellomäki ym. 1992).

Männyn oksikkuuslaatu on sitä heikompi mitä viljavammasta kasvupaikasta on kysymys, sillä viljavuus vaikuttaa mm. puiden kasvunopeuteen ja kasvattaa oksien läpimittaa. Puuston tiheyden lisääminen puolestaan vaikuttaa puiden kasvunopeuteen hidastavasti, ohentaa oksia ja parantaa runkomuotoa. (Varmola 1980, 1996, Kärkkäinen ja Uusvaara 1982, Vuokila 1982, Lämsä ym. 1990, Mäkelä ym. 2000).

Uusvaara (1991) on todennut nuorilla männyillä latvusrajan huonoksi laadun kuvaajaksi oksien hitaan karsiutumisen vuoksi. Sen sijaan uudistuskypsän männyn ylempien tukkien laatua, erityisesti

oksaisuutta, ennustettaessa latvusrajalla on ratkaiseva merkitys (Uusitalo 1997).

Männyn tyvitukin laatua voidaan ennustaa kuivaoksarajan, rinnankorkeusläpimitan ja puun varhaisvaiheen kasvunopeuden avulla (Uusitalo 1997). Näistä tunnuksista kuivaoksarajaa pidetään laadun parhaana ennustajana, sillä mitä paksummiksi oksat kasvavat jo varhaisessa vaiheessa sitä kauemmin niiden karsiutuminen kestää. Näin ollen alin kuollut oksa sijaitsee alhaalla ja rungon laatu pysyy sen järeydessäkin heikkona (Uusitalo 1997). Tukkipuissa kuivaoksaraja ennustaa verraten hyvin myös toisen ja kolmannen tukin laatua (Uusitalo 1994). Ensiharvennumännillä keskimääräistä kuivaoksarajaa ei Jouhiahon ja Uusitalon (2001) mukaan voida pitää hyvänä sahatavaran arvonnustajana, koska ensiharvennusikäisissä puissa karsiutuminen ei ole vielä alkanut.

Viljelymänniköiden on todettu tuottavan laadultaan huonompaa puuta kuin luonnonmänniköiden, sillä sekä oksikkuuslaatu että lujus- ja kimmoisuusominaisuudet ovat viljelymänniköissä heikommat kuin luontaisesti syntyneissä männiköissä (Uusvaara 1981, Huuri ym. 1987). Agestamin ym. (1998) mukaan suurimmat erot viljellen ja luontaisesti syntyneiden mäntyjen ulkoisessa laadussa ovat rungon suoruuudessa ja oksien läpimitoissa.

Männyn ulkoisten ja sisäisten laatutekijöiden välillä on havaittu selvää riippuvuutta, eli sisäinen laatu on sitä korkeampi mitä parempia ovat ulkoiset laatutunnukset. Näin ollen hyväkasvuisen puun paksujen oksien perusteella voidaan olettaa, että kannonkorkeudelta mitattavat vuosilustot ovat leveitä ja puuaineen kuiva-tuoretiheys alhainen. Puiden laadun on todettu huonontuvan kasvun parantuessa riippumatta siitä, mikä hyvän kasvun saa aikaan. Nuorten puiden hyvä kasvu ennakoii keskimääräistä heikompi puuaineen laatua myös puiden vanhetessa. (Kärkkäinen ja Uusvaara 1982, Uusvaara 1991, Hakkila ym. 2002).

Muista puun laadun kannalta tärkeistä tekijöistä on kirjallisuudessa mainittu muun muassa viljelyssä käytettävien siementen ja taimien rodulliset ja laadulliset ominaisuudet ja niiden jalostus, siementen siirtomatkat sekä taimikon harvennuksen ajankohta (Vuokila 1982, Uusvaara 1991, Agestam ym. 1998).

Harvennuksissa metsään avattavat ajourat aihe-

uttavat tuotostappioita metsikön myöhemmissä kehitysvaiheissa (esim. Vuokila 1982). Ajourien vaikutusten sekä määrällisen että laadullisen tuotoksen kannalta voidaan katsoa alkavan jo puustoa leimattaessa ja ajouria suunniteltaessa, sillä ajourien sijoitus leimikossa ja reunapuustojen harvennus vaikuttavat sekä hakkuukertymään että metsikön tulevaisuuden tuotokseen. Mahdollisia tuotostappioita voidaan vähentää ja jäävän puuston laatua parantaa sallimalla ajourien lievä mutkittelu hyväkasvuisimpia ja laadultaan parhaita puita väistellen. Puuston ryhmittäisyyttä ei kuitenkaan voida käyttää hyväksi rajattomasti, sillä ajourien sijainti määräytyy useimmiten maastoesteiden ja tarvittavan ajouravälin perusteella. Ajouravälin ollessa 30 metriä ajourien aiheuttamaksi tuotostappioksi hyväkasvuisissa ensiharvennuskuusikoissa on todettu noin 10 m³/ha (Isomäki ja Niemistö 1990). Ojitusalueiden ajourien sijoittelun erityispiirteenä on ojastojen huomioon ottaminen. Ajourat vaihtoehtoisesti ojien vieressä tai eri vyöhykkeillä niiden välillä vaikuttavat myös mahdollisiin tuotostappioihin ja jäävän puuston laatuun, koska kasvultaan parhaat, mutta toisaalta huonomuotoisimmat ja usein myös oksaisimmat puut kasvavat yleensä ojien varsilla (Stöd ym. 2002).

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää ensiharvennusmänniköiden runkojen tekninen eli ulkoinen laatu mekaanisen puunjalostuksen kannalta Suomen eteläosien kivennäismailla ja ojitetuilla turvemilla. Laadun vaihtelua aiheuttavina tekijöinä tarkasteltiin leimikon maantieteellistä sijaintia, metsä- tai turvekangastyyppejä, puuston syntytapaa ja metsikössä aiemmin tehdyn taimikonhoidon tasoja. Lisäksi tutkittiin, miten ajoura ja ojitusalueilla ajouran sijoittaminen suhteessa ojastoon vaikuttavat ensiharvennuksessa kasvamaan jätettävien runkojen (tulevaisuudessa korjattavien tukkirunkojen aiheet) ja poistettavien runkojen (hakkuukertymän rungot) tekniseen laatuun ja laatuluokkajakaumaan, sekä jäävän puuston kasvatuskelpoisten runkojen lukumäärään ja laatuun. Samalla vertailtiin jäävien ja poistettavien runkojen teknisen laadun mukaisia laatuluokkajakaumia. Rungon laatu määritettiin koepuista metsiköittäin mitattujen järeys-, oksikuus- ja runkomuototunnusten ja muiden ulkoisten vikojen, sekä puille metsässä annettujen laatuluokkien perusteella.

2 Aineisto ja menetelmät

Aineisto kerättiin Hämeen-Uudenmaan (Hyvinkää, Kerava, Loppi, Mäntsälä, Nurmijärvi, Tuusula), Keski-Suomen (Hankasalmi, Jämsä, Jämsänkoski, Laukaa) ja Etelä-Pohjanmaan (Jalasjärvi, Kauhajoki) metsäkeskusten alueilta Puuenergian teknologiaohjelman hankkeen Ensiharvennusten korjuuolot, niiden vaikutus korjuumenetelmien kokonaistalouteen ja parantamismahdollisuudet koelamittausten yhteydessä vuosina 1999–2000 (Sirén ym. 2002).

Aineiston keruu keskitettiin Etelä-, Keski- ja Länsi-Suomeen, koska ensiharvennusmänniköiden merkitys on nykyisten ja varsinkin keskipitkän ja pitkän aikavälin hakkuumahdollisuuksien perusteella valtakunnallisesti suurin näillä alueilla (Hakkila ym. 1995, Hakkila 1996, Wall ym. 2003). Etelä-Pohjanmaa edustaa myös tämän tutkimuksen kannalta olennaisten turvemaiden harvennushakkuumahdollisuuksien tärkeitä alueita (Nuutinen ym. 2000). Soiden alueellisessa luokittelussa kaikki kolme aluetta kuuluvat pääosin keidassuovyöhykkeeseen (Rannikko-Suomen kermikeidassuot, Sisä-Suomen keidassuot), ja osa Keski-Suomesta ja Etelä-Pohjanmaasta Pohjanmaan aapasuovyöhykkeeseen (Ruuhijärvi 1988). Koska kasvupaikkaluokkajakauma ja kasvukauden pituus mahdollistavat Hämeen-Uudenmaan alueella Suomen oloissa parhaan puun kasvun, Häme-Uusimaa on hyvä harvennusemetsiköiden puuntuotannollinen verrokki Keski-Suomelle ja Etelä-Pohjanmaalle.

Tutkimusaineistoon hyväksyttiin mäntyvaltaiset metsiköt, joissa ensiharvennushakkuu oli metsänhoidollisen tilan perusteella kiireellinen, eli tehtävä viiden vuoden kuluessa, ja joissa ei ollut tehty puuston ennakkoraivausta ennen hakkuuta. Met-sänhoitoyhdistyksiltä tietoon saadut, edellä mainitut ehdot täyttäneet ensiharvennusemetsiköt jaettiin syntytavan mukaan luokkiin (luontaisesti syntyneet, kylvetyt, istutetut), joista mitattavien leimiköiden otos valittiin arpomalla. Otantamenetelmä oli siis periaatteiltaan ositettu satunnaisotanta.

Kuhunkin leimikkoon rajattiin yksi suorakaiteen muotoinen koela (10 m × 20 m) puuston koon ja latvuserosluokkarakenteen perusteella silmävauraisesti arvioiden edustavaan kohtaan. Ojitetuilla

Taulukko 1. Koealojen ja mäntykoepuiden lukumäärät eri metsäkeskusten alueilla metsä- ja turvekangas-tyypeittäin.

Metsäkeskus	MT/VMT	VT/EVT	Metsä- tai turvekangastyypit			Turvekankaat yhteensä	Kaikki yhteensä
			Kivennäismaat yhteensä	Ptkg	Vatkg		
			Koealoja, kpl (koeputa, kpl)				
Häme-Uusimaa	11 (380)	13 (527)	24 (907)	1 (29)	– (–)	1 (29)	25 (936)
Keski-Suomi	2 (63)	11 (447)	13 (510)	– (–)	– (–)	– (–)	13 (510)
Etelä-Pohjanmaa	3 (117)	11 (461)	14 (578)	12 (399)	2 (51)	14 (450)	28 (1028)
Yhteensä	16 (560)	35 (1435)	51 (1995)	13 (428)	2 (51)	15 (479)	66 (2474)

turvemailla koealat sijoitettiin ojan reunasta saralle päin, koealan lyhyempi sivu ojan suuntaisesti. Koealoja oli yhteensä 66 kappaletta, joista 51 oli kivennäismailla ja 15 ojitetuilla turvemailla (kehitysaste turvekangas). Taulukossa 1 on esitetty koealojen ja koepuiden lukumäärät ja taulukossa 2 koealojen keskeiset puustotunnukset alueittain ja metsä- tai turvekangastyypeittäin.

Ennen puustomittauksia koealan keskelle merkittiin noin neljän metrin levyinen ajoura SLU-menetelmällä (Björheden ja Fröding 1986). Ajouran ulkopuolelle tehtiin mallileimaus laatuharvennuksena, jossa harvennusvoimakkuus määritettiin Metsäliitto Osuuskunnan harvennusohjeen mukaisesti (Kasvatusemetsien käsittely... 1999). Laatuharvennuksena tehtävässä ensiharvennuksessa poistetaan pienimpien puiden lisäksi myös keskimääräistä suurempia, paksuoksaisia tai muutoin laadultaan metsikön huonoimpia puita. Poistumaan sinänsä ei kiinnitetä huomiota, vaan kasvu keskitetään pitkällä tähtäyksellä arvokkaimpiin puihin, joita jätetään kasvamaan riittävä määrä (Vuokila 1982, Niemistö 1994, Lilleberg 1995).

Mallileimauksella pyrittiin käytännön koneellista korjuuta vastaavaan harvennusvoimakkuuteen. Harvennus osoittautui kuitenkin varsin voimakkaaksi verrattuna Metsätalouden kehittämisskeskus Tapion harvennusohjeisiin (Hyvän metsänhoidon... 2001, Sirén ym. 2002) (taulukko 3).

Koealojen männyt luokiteltiin kokonsa ja ulkoisen (teknisen) laatunsa perusteella kuuteen luokkaan: 1) poistettava puu ajouran ulkopuolella, 2) kasvatettava puu ajouran ulkopuolella, 3) ajourapuu, joka ilman ajouraa olisi kasvatettava, 4) ajourapuu, joka

ilman ajouraa olisi poistettava, 5) ainespuun vähimmäismittoja pienempi, yli 1,3 metrin pituinen puu ajouralla, 6) ainespuun vähimmäismittoja pienempi, yli 1,3 metrin pituinen puu ajouran ulkopuolella. Ainespuun vähimmäismittat täyttäneet poistettavat ja jäävät puut muodostivat analyyseissä käytetyn puuluokka-muuttujan.

Tulosten laskennassa otettiin huomioon ainoastaan ainespuun vähimmäismittat täyttäneet puut, joita kutsutaan jatkossa koepuiksi. Vain ne ovat merkityksellisiä hakkuupoistuman laadun kannalta ja muodostavat perustan ensiharvennuksen jälkeen kasvatettavalle puustolle. Jättämällä aineistosta ainespuun vähimmäismittaa pienemmät puut voitiin myös pienentää metsiköiden välisen metsänhoidollisen tilan vaihtelun vaikutuksia tuloksiin. Ainespuun vähimmäismittoja pienemmällä puulla on joka tapauksessa hyvin pieni merkitys tulosten käytännön sovellutusten kannalta.

Koepuuaineisto käsitti yhteensä 2474 mäntyä (taulukko 1). Niistä mitattiin rinnankorkeusläpimitta (cm), yläläpimitta 4,5 metrin korkeudelta (cm) ja pituus (m), sekä latvusraja (m), elävien oksakiehkuroiden lukumäärä (kpl), oksien lukumäärä ensimmäisessä rinnankorkeuden yläpuolisessa kiehkurassa (kpl), paksuimman oksan läpimitta 4,5 m:n tyvitukkiosalla (mm) ja paksuimman oksan läpimitta elävän latvuksen alueella 7 cm:n läpimittaa vastaavalle korkeudelle (mm). Lenkous mitattiin suurimpana sivuviivapoikkeamana (cm/m) neljän metrin tyviosasta, ylimmästä kaatoa haittaavasta juurenniskasta ylöspäin. Ainespuun vähimmäismittat täyttäneistä kuusista ja lehtipuista mitattiin rinnankorkeusläpimitta ja pituus. Ainespuuta pienemmistä

Taulukko 2. Koealojen keskeisimpien puustotunnusten keskiarvot (\bar{x}) ja keskihajonnat (s) alueittain ja metsä- tai turvekangastyypeittäin ainespuun mitat täyttäneiden koepuiden osalta. Pohjapinta-alan, runkoluvun ja tilavuuden arvot ennen mallileimausta. Tilavuuteen on laskettu ainespuun vähimmäismitat täyttäneet puut. Koealojen lukumäärät, ks. taulukko 1.

Tunnus	Metsäkeskus	MT/VMT		VT/EVT		Ptkg		Vatkg	
		\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
Pohjapinta-ala (m²/ha)									
Mänty	Häme-Uusimaa	28,0	7,1	27,4	4,6	29,0	0,0	–	–
	Keski-Suomi	26,5	3,5	30,5	2,8	–	–	–	–
	Etelä-Pohjanmaa	30,0	2,6	30,1	6,9	24,1	4,1	24,0	1,4
	Kaikki	28,2	6,1	29,2	5,1	24,5	4,1	24,0	1,4
Kuusi	Häme-Uusimaa	1,9	2,5	0,9	1,9	0,0	–	–	–
	Keski-Suomi	3,5	0,7	0,6	1,5	–	–	–	–
	Etelä-Pohjanmaa	0,0	0,0	0,4	0,9	0,3	0,9	0,0	0,0
	Kaikki	1,8	2,3	0,6	1,5	0,2	0,8	0,0	0,0
Lehtipuu	Häme-Uusimaa	0,7	1,7	1,7	2,8	0,0	–	–	–
	Keski-Suomi	0,5	0,7	0,5	1,0	–	–	–	–
	Etelä-Pohjanmaa	1,3	1,5	0,6	1,2	1,3	2,0	0,0	0,0
	Kaikki	0,8	1,5	0,9	1,9	1,2	2,0	0,0	0,0
Runkoluku (kpl/ha)									
Mänty, ainespuu	Häme-Uusimaa	1727	408	2027	350	1450	0	–	–
	Keski-Suomi	1575	177	2032	453	–	–	–	–
	Etelä-Pohjanmaa	1950	100	2095	240	1663	243	1275	106
	Kaikki	1750	356	2050	349	1646	240	1275	106
Mänty, muu	Häme-Uusimaa	518	402	931	946	500	0	–	–
	Keski-Suomi	600	566	645	552	–	–	–	–
	Etelä-Pohjanmaa	367	325	818	525	1070	791	550	636
	Kaikki	500	385	806	708	1027	773	550	636
Kuusi, ainespuu	Häme-Uusimaa	250	130	167	76	–	–	–	–
	Keski-Suomi	325	35	175	177	–	–	–	–
	Etelä-Pohjanmaa	–	–	50	0	300	0	–	–
	Kaikki	269	116	125	100	300	0	–	–
Kuusi, muu	Häme-Uusimaa	1067	880	760	615	–	–	–	–
	Keski-Suomi	75	35	660	930	–	–	–	–
	Etelä-Pohjanmaa	50	0	333	458	655	641	700	0
	Kaikki	817	877	620	655	655	641	700	0
Lehtip., ainespuu	Häme-Uusimaa	192	177	218	172	800	0	–	–
	Keski-Suomi	650	0	163	63	–	–	–	–
	Etelä-Pohjanmaa	400	0	238	206	88	25	250	0
	Kaikki	275	225	211	158	230	319	250	0
Lehtip., muu	Häme-Uusimaa	886	832	1927	1216	1300	0	–	–
	Keski-Suomi	250	0	850	920	–	–	–	–
	Etelä-Pohjanmaa	450	141	1341	1106	1030	1180	275	106
	Kaikki	779	763	1456	1162	1055	1123	275	106
Tilavuus (m³/ha)									
Mänty	Häme-Uusimaa	188,7	38,4	179,5	33,4	120,1	0,0	–	–
	Keski-Suomi	147,3	17,0	184,5	23,9	–	–	–	–
	Etelä-Pohjanmaa	180,4	25,9	193,8	55,7	130,8	30,2	142,9	12,6
	Kaikki	181,9	35,9	185,6	38,9	129,9	29,0	142,9	12,6
Kuusi	Häme-Uusimaa	9,7	12,7	2,3	5,0	0,0	0,0	–	–
	Keski-Suomi	27,4	0,8	2,6	6,3	–	–	–	–
	Etelä-Pohjanmaa	0,0	0,0	0,6	1,2	1,0	3,4	0,0	0,0
	Kaikki	10,1	13,0	1,9	4,6	0,9	3,3	0,0	0,0
Lehtipuu	Häme-Uusimaa	9,9	14,4	11,3	17,7	21,1	0,0	–	–
	Keski-Suomi	1,5	2,2	3,2	6,3	–	–	–	–
	Etelä-Pohjanmaa	2,7	2,3	4,1	9,5	10,2	13,2	0,05	0,07
	Kaikki	7,5	12,4	6,5	12,8	11,0	13,0	0,05	0,07
Ikä (v)									
	Häme-Uusimaa	31	6	34	5	31	3	–	–
	Keski-Suomi	33	1	50	14	70	22	–	–
	Etelä-Pohjanmaa	37	3	40	8	–	–	–	–
	Kaikki	32	6	39	10	66	24	–	–

Taulukko 3. Koealojen laatuharvennukseen perustuneen mallileimauksen toteutuminen verrattuna Tapion harvennussmallien mukaiseen männikön harvennusohtjeeseen (Hyvän metsänhoidon... 2001, Sirén ym. 2002).

Leimaustapa	Metsätyyppi	Rinnankorkeusläpimitta & valtapituus			
		13 cm & 13 m	15 cm & 14 m	17 cm & 15 m	19 cm & 16 m
Mallileimaus	MT, VT	950	850	750	650
Tapion malli	MT	1150–1370	900–1100	730–860	600–720
Tapion malli	VT	1070–1300	850–1010	690–810	560–670

puista laskettiin lukumäärä puulajeittain ja mitattiin niiden rinnankorkeusläpimitat (yli 1,3 m:n puut) puuston tiheystietojen määrittämiseksi. Rungon tilavuus (dm^3) laskettiin puun rinnankorkeusläpimittaan ja pituuteen perustuvia runkokäyräyhtälöitä käyttäen (Laasasenaho 1982).

Sen lisäksi, että koepuut jaettiin harvennuksessa jääviin ja poistettaviin puihin, ne luokiteltiin myös laatunsa kannalta kahden eri menetelmän mukaisesti. Oksikkuuden perusteella koepuut luokiteltiin hento- tai normaalioksisiksi (paksuimman oksan läpimitta enintään 25 mm) ja paksuoksisiksi (paksuimman oksan läpimitta yli 25 mm). Terveystilansa mukaan koepuut luokiteltiin kuuteen luokkaan 8. valtakunnan metsien inventoinnin menetelmää soveltaen: terve, kuollut, sairas, kuivalatvainen, kuivalatvainen ja sairas sekä kuoleva.

Oksikkuustunnusten vaihtelua tutkittiin lineaarisella regressioanalyysillä. Vastemuuttujina analyysissä olivat leimikon keskimääräiset oksikkuustunnukset. Selittäviä muuttujia olivat keskimääräiset puutunnukset, sekä metsikön ominaisuudet, kuten esimerkiksi puuston syntytapa.

Vikaisuusluokituksessa koepuu määritettiin vikaiseksi, mikäli siinä esiintyi silmävaraisesti arvioiden mekaanisessa puunjalostuksessa saannon ja/tai laadun heikentymistä aiheuttavia haaroja, mutkia, näiden yhdistelmiä, katkeamia, koroja, tervarosa, latvanvaihtoja tai keskimääräistä suurempaa paksuoksisuutta. Mikäli koepuussa ei esiintynyt edellä mainittuja vikoja, se luokiteltiin tekniseltä laadultaan normaaliksi eli ulkoisesti virheettömäksi. Koepuita, joista tekninen laatu määritettiin, oli aineistossa 2466 kappaletta.

Puiden tekniseen laatuun vaikuttavia tekijöitä tutkittiin varianssianalyysillä. Koska luokittelevista muuttujista osa oli kiinteitä ja osa satunnaisia,

kyseessä oli sekamalli. Selitettävänä muuttujana varianssianalyysissä oli vikaisten puiden prosenttiosuus leimikolla ja siitä tehty arcsin-muunnos:

$$\arcsin \sqrt{P} \quad (1)$$

missä P = vikaisten puiden suhteellinen osuus (vaihteluväli 0–1) leimikolla.

Muuttujamuunnosta käytetään prosenttilukujen ja suhteellisten osuuksien yhteydessä, jolloin sillä saadaan aikaan jakaumaltaan lähes normaali havaintosarja (Ranta ym. 1994). Muuttujat, joiden eroja vikaisten puiden osuuden suhteen tarkasteltiin, olivat leimikon maantieteellinen sijainti (metsäkeskus), metsä- tai turvekangastyypin, puuston syntytapa, leimikolla tehdyt metsänhoitotoimenpiteet sekä puuluokka (jäävät ja poistettavat puut). Satunnais-tekijänä mallissa oli leimikko. Lisäksi tarkasteltiin edellä mainittujen muuttujien yhdysvaikutuksia. Satunnaisvaikutuksilla ja kiinteillä vaikutuksilla ei sekamalleissa odoteta olevan yhdysvaikutusta.

Koepuille annettiin maastossa rungon teknisen laadun perusteella laatuluokka silmävaraisesti asteikolla 4–10. Yksikin vika riitti alentamaan puun laatuluokkaa, joten tiettyyn laatuluokkaan kuuluakseen puun piti täyttää kaikki kyseisen laatuluokan vaatimukset. Mikäli koepuussa oli useampi kuin yksi vika, laatukriteereitä sovellettiin niiden arvioidun kokonaisvaikutuksen mukaan. Laatuluokkien määritelmät olivat seuraavat:

- 4 = Ei kasvatuskelpoinen: suurin oksa yli 50 mm, lenkous yli 2,5 cm/m, moniväärä, poikaoksinen, koroinen, huono terveydentila
- 5 = Kasvatettava, kuitupuu: suurin oksa yli 50 mm, lenkous korkeintaan 2,5 cm/m
- 6 = Kasvatettava, kuitupuu: suurin oksa korkeintaan 50 mm, lenkous korkeintaan 1,75 cm/m

- 7 = Kasvatettava, huono tukkiaiho: suurin oksa korkeintaan 35 mm, lenkous korkeintaan 1 cm/m
- 8 = Kasvatettava, normaalilaatuinen tukkiaiho: suurin oksa korkeintaan 25 mm, lenkous korkeintaan 0,75 cm/m
- 9 = Kasvatettava, hyvä tukkiaiho: suurin oksa korkeintaan 20 mm, lenkous korkeintaan 0,5 cm/m
- 10 = Kasvatettava, erinomainen tukkiaiho: suurin oksa korkeintaan 15 mm, suora, ei havaittavia vikoja.

Laatuluokkaan vaikuttavia tekijöitä tutkittiin varianssianalysillä. Vastemuuttuja oli leimikon keskimääräinen laatuluokka, ja selittäviä muuttujia metsäkeskus, metsä- tai turvekangastyypin, syntytapa ja leimikolla tehdyt taimikonhoitotoimenpiteet, sekä näiden yhdysvaikutukset. Leimikko otettiin malliin satunnaistekijänä, joten kyseessä oli sekamalli. Koepuita, joille oli annettu laatuluokka, oli aineistossa 2465 kappaletta.

3 Tulokset

3.1 Rungon dimensiot ja terveydentila

Leimikoiden koko puuston sekä jäävän ja poistettavan puuston dimensiotunnusten keskiarvot ja -hajonnat on esitetty alueittain taulukossa 4. Leimikoiden koko mäntypuuston keskiläpimitta ja -pituus – noin 12,9 cm ja 12,5 m – olivat samalla tasolla kuin muissa viime vuosina tehdyissä Suomen eteläosan ensiharvennummäntyleimikoita koskevissa tutkimuksissa (Niemistö 1992, 1994, Hakkila ym. 1995, Hakkila ym. 2002). Tutkimuksen ensiharvennumleimikoita ei valikoitu järeyden mukaan, joten koepuut olivat hieman pienempiä kuin saha- ja rakennuspuun mahdollisiksi lähteiksi arvioituissa ensiharvennummäntiköissä (Stöd 2000, Wall ym. 2003). Koepuiden keskimääräinen rinnankorkeusläpimitta oli Hämeen-Uudenmaan alueella noin puoli senttimetriä suurempi kuin Keski-Suomessa ja Etelä-Pohjanmaalla, mikä oli luonnollista kasvupaikkojen keskimääräisen viljavuuden ja kasvukauden pituuden erojen vuoksi (ks. myös Vuokila 1980, Kellomäki ym. 1992).

Runkojen keskimääräinen kapeneminen oli tutkituilla alueilla yhtä suurta. Hämeen-Uudenmaan ja Etelä-Pohjanmaan runkojen samantasoinen len-

kous oli vastoin oletuksia kun otetaan huomioon, että Etelä-Pohjanmaalla puolet leimikoista sijaitsi turvemailla, mutta Hämeen-Uudenmaan alueella turvemaan leimikoita oli vain yksi. Toisaalta Hämeen-Uudenmaan kasvupaikat olivat keskimääräistä selvästi viljavampia ja viljelymänniköiden osuus leimikoista suurempi kuin Etelä-Pohjanmaalla ja Keski-Suomessa. Varsinkin viljavien kasvupaikkojen viljelymänniköt on todettu useissa tutkimuksissa keskimääräistä lengommiksi (Varmola 1980, Uusvaara 1981, 1991, Kellomäki ym. 1992, Stöd 2000, Wall ym. 2003).

Kasvupaikkaluokkien erot järeystunnuksissa olivat pienet, lukuun ottamatta keskimääräistä suurempia läpimitta- ja kapenemisarvoja tuoreilla kankailla Hämeen-Uudenmaan alueella ja varpu- turvekankailla Etelä-Pohjanmaalla, sekä pituusarvoja Etelä-Pohjanmaan kuivahkoilla kankailla.

Kuten sovelletun laatuharvennuksen periaatteista seuraa, keskimääräiset dimensiot ja kapeneminen olivat jäävillä puilla lähes poikkeuksetta suuremmat kuin poistettavilla puilla (taulukko 4). Tulokset olivat samansuuntaisia kuin Niemistöllä (1994). Lenkous oli vastaavasti poistettavilla puilla keskimäärin voimakkaampaa kuin jäävillä puilla.

Koealojen mäntyjen terveydentila oli hyvä. Kaikista koepuista oli terveitä 97,6% (Häme-Uusimaa 97,3, Keski-Suomi 99,8 ja Etelä-Pohjanmaa 96,8%). Kuoleviksi arvioitiin 1,5%, sekä sairaiksi ja kuivalatvaisiksi yhteensä 0,8% koepuista. Laatuharvennuksen periaatteen mukaisesti kuolevat, sairaat ja kuivalatvaiset koepuut pyrittiin leimaamaan poistuviksi, joten niiden osuus poistuman runkoluvusta oli 3,9%.

3.2 Rungon oksikkuus

Rungon oksikkuutta kuvasivat tässä tutkimuksessa latvusraja, elävien oksakiehkuroiden lukumäärä, rinnankorkeuden yläpuolisen kiehkuran oksien lukumäärä, tyvitukkiosan paksuimman oksan läpimitta sekä elävän latvuksen paksuimman oksan läpimitta. Näiden tunnusten keskiarvot ja -hajonnat alueittain ja puuluokittain on esitetty taulukossa 5.

Koepuista 58%:ssa sekä tyviosan että elävän latvuksen paksuimmat oksat olivat läpimitaltaan alle 25 mm, eli puut olivat hento- tai normaalioksaista.

Taulukko 4. Mäntykoepuiden lukumäärät (n) sekä niistä mitattujen koko- ja runkomuototunnusten keskiarvot (\bar{x}) ja keskihajonnat (s) Häme-Uudellamaalla, Keski-Suomessa ja Etelä-Pohjanmaalla. Kaikki koepuut, jäävät koepuut ja poistettavat koepuut.

Tunnus ja metsäkeskus	Kaikki puut			Jäävät puut			Poistettavat puut		
	n	\bar{x}	s	n	\bar{x}	s	n	\bar{x}	s
Rinnankorkeusläpimitta (cm)									
Häme-Uusimaa	936	13,3	3,3	405	14,6	3,0	531	12,3	3,2
Keski-Suomi	510	12,7	3,2	218	14,7	2,6	292	11,3	2,8
Etelä-Pohjanmaa	1028	12,6	3,1	456	14,1	2,7	572	11,4	3,0
Kaikki	2474	12,9	3,2	1079	14,4	2,8	1395	11,7	3,1
Yläläpimitta (cm)									
Häme-Uusimaa	936	10,6	2,9	405	11,8	2,6	531	9,7	2,8
Keski-Suomi	510	10,3	2,8	218	12,0	2,1	292	9,0	2,5
Etelä-Pohjanmaa	1027	10,0	2,8	455	11,3	2,3	572	9,0	2,7
Kaikki	2473	10,3	2,8	1078	11,6	2,4	1395	9,3	2,7
Kapeneminen 1,3 metristä 4,5 metriin (cm/m)									
Häme-Uusimaa	936	0,8	0,3	405	0,9	0,3	531	0,8	0,3
Keski-Suomi	510	0,8	0,3	218	0,8	0,2	292	0,7	0,2
Etelä-Pohjanmaa	1027	0,8	0,3	455	0,9	0,3	572	0,8	0,2
Kaikki	2473	0,8	0,3	1078	0,9	0,3	1395	0,8	0,3
Pituus (m)									
Häme-Uusimaa	936	12,4	1,9	405	12,8	1,9	531	12,0	1,9
Keski-Suomi	510	12,8	1,6	218	13,5	1,3	292	12,3	1,6
Etelä-Pohjanmaa	1028	12,5	2,1	456	12,9	2,0	572	12,1	2,1
Kaikki	2474	12,5	1,9	1079	13,0	1,8	1395	12,1	1,9
Rungon tilavuus (dm³)									
Häme-Uusimaa	936	96,8	56,7	405	117,2	58,5	531	81,2	49,9
Keski-Suomi	510	91,2	52,0	218	120,3	48,7	292	69,4	42,9
Etelä-Pohjanmaa	1028	88,1	54,3	456	109,0	54,1	572	71,5	48,4
Kaikki	2474	92,0	54,9	1079	114,4	54,9	1395	74,7	48,1
Lenkous neljän metrin tyviosalla (cm/m)									
Häme-Uusimaa	929	0,5	0,5	402	0,4	0,4	527	0,6	0,6
Keski-Suomi	510	0,3	0,5	218	0,3	0,3	292	0,4	0,6
Etelä-Pohjanmaa	1027	0,5	0,5	455	0,4	0,4	572	0,5	0,6
Kaikki	2466	0,5	0,5	1075	0,4	0,4	1391	0,5	0,6

Hämeen-Uudenmaan alueella kyseinen osuus oli 50%, Keski-Suomessa 67% ja Etelä-Pohjanmaalla 60%. Hämeen-Uudenmaan metsäkeskuksen alueella lähes 10% koepuista oli pystykarsittu ja karsimattomista koepuista 94,6%:ssa tyviosan paksuin oksa oli kuollut. Keski-Suomen aineistossa ei ollut pystykarsittuja koepuita ja puista 98,6%:ssa tyviosan paksuin oksa oli kuollut. Etelä-Pohjanmaalla koepuista oli pystykarsittu noin neljä prosenttia, ja siellä tyviosan paksuin oksa oli kuollut 95,7%:ssa karsimattomista koepuista.

Kivennäismaiden koepuista oli hento- tai normaalioksaista 57% ja turvemaiden koepuista 63%.

Metsä- tai turvekangastyypeistä hento- ja normaalioksaisten koepuiden osuus oli suurin kuivahkoilla kankailla ja puolukkaturvekankailla, molemmilla noin 64%. Pienin hento- tai normaalioksaisten puiden osuus puolestaan oli tuoreilla kankailla, noin 39%.

Jäävistä puista oli hento- tai normaalioksaista 46% ja poistettavista puista 68%. Keskimääräiset oksanpaksuudet olivat jäävillä puilla suuremmat kuin poistettavilla puilla, mutta oksien maksimiläpimittojen perusteella kaikkein paksuoksaismat puut oli kuitenkin mallileimauksessa valittu poistettaviksi.

Taulukko 5. Mäntykoepuiden lukumäärät (n) sekä niistä mitattujen oksikkuustunnusten keskiarvot (\bar{x}) ja keskihajonnat (s) Häme-Uudellamaalla, Keski-Suomessa ja Etelä-Pohjanmaalla. Kaikki koepuut, jäävät koepuut ja poistettavat koepuut.

Tunnus ja metsäkeskus	Kaikki puut			Jäävät puut			Poistettavat puut		
	n	\bar{x}	s	n	\bar{x}	s	n	\bar{x}	s
Latvusraja (m)									
Häme-Uusimaa	936	6,9	1,7	405	6,8	1,6	531	7,0	1,7
Keski-Suomi	510	7,3	1,2	218	7,3	1,2	292	7,3	1,2
Etelä-Pohjanmaa	1027	7,2	1,8	455	7,1	1,8	572	7,2	1,8
Kaikki	2473	7,1	1,7	1078	7,0	1,6	1338	7,1	1,7
Eläviä oksakiehkuroita (kpl)									
Häme-Uusimaa	936	11,7	2,8	405	12,3	2,8	531	11,1	2,6
Keski-Suomi	510	12,6	2,6	218	13,5	2,4	292	11,9	2,6
Etelä-Pohjanmaa	1027	15,1	3,5	455	16,0	3,4	572	14,4	3,4
Kaikki	2473	13,3	3,4	1078	14,1	3,4	1395	12,7	3,3
Oksia ensimmäisessä 1,3 metrin yläpuolisessa kiehkurassa (kpl)									
Häme-Uusimaa	936	5,3	1,3	405	5,3	1,3	531	5,3	1,3
Keski-Suomi	510	4,6	1,5	218	4,7	1,6	292	4,5	1,4
Etelä-Pohjanmaa	984	3,4	2,3	430	3,3	2,3	554	3,4	2,3
Kaikki	2430	4,4	2,0	1053	4,4	2,0	1377	4,4	1,9
Paksuimman oksan läpimitta 4,5 m:n tyviosalla (cm)									
Häme-Uusimaa	935	21,2	7,5	405	22,0	6,0	530	20,6	8,4
Keski-Suomi	510	17,6	6,1	218	19,5	5,5	292	16,2	6,2
Etelä-Pohjanmaa	1026	16,9	7,0	454	18,0	6,2	572	16,1	7,4
Kaikki	2471	18,7	7,3	1077	19,8	6,2	1394	17,8	7,9
Paksuimman oksan läpimitta elävässä latvuksessa (cm)									
Häme-Uusimaa	927	24,3	7,6	405	26,2	7,0	522	22,8	7,8
Keski-Suomi	387	22,2	6,3	210	23,7	6,5	177	20,4	5,6
Etelä-Pohjanmaa	930	23,6	7,7	445	25,6	7,0	485	21,7	7,9
Kaikki	2244	23,6	7,5	1060	25,5	6,9	1184	22,0	7,6

Oksikkuustunnusten tilastotieteellisten analyysien tuloksista esitetään alkuperäistä puustoa koskevat tulokset taulukossa 6, sillä jääviksi ja poistettaviksi luokiteltujen koepuiden tulokset olivat pitkälti samanlaiset kuin alkuperäisen puuston tulokset. Regressioanalyysissä selitettävät ja selittävät muuttujat olivat leimikkokohtaisia keskiarvoja.

Malli 1

Vastemuuttujana mallissa oli latvusraja. Selittävästä muuttujasta merkitsevimmiksi osoittautuivat puuston pohjapinta-ala ennen leimausta (m^2/ha), yläläpimitta (cm) ja tyviosan paksuimman oksan läpimitta (mm) (taulukko 6). Puuston tiheyttä kuvaava pohjapinta-ala sisälsi männyn lisäksi koaloilla esiintyneet muut puulajit. Puuston pohjapinta-alan ja yläläpimitan kasvaessa latvusrajan korkeus nousi. Tyviosan paksuimman oksan läpimitan kasvaessa latvusraja

puolestaan laski. Malli oli erittäin merkitsevä ja sen selitysaste oli 73%. Varttuneilla puilla puuston tiheyden on todettu nopeuttavan oksien kuolemistä ja siten lyhentävän elävän latvuksen pituutta (Kellomäki ym. 1992). Nuorilla männyllä oksien kuoleminen sen sijaan käynnistyy lähes samalla tavalla puuston tiheydestä tai kasvupaikan viljavuudesta riippumatta. Päinvastoin kuin yläläpimitan parametrin estimaatista voidaan tässä tutkimuksessa päätellä, oksien on todettu elävän kookkaissa puissa keskimääräistä pitempään (Kellomäki ym. 1992). Tyviosan paksuimman oksan läpimitan negatiivista vaikutusta puolestaan voidaan selittää paksujen oksien hitaammalla kuolemisella.

Malli 2

Taulukon 6 mukaisesti elävien oksakiehkuroiden lukumäärää selittivät parhaiten pituuskasvu (m/v) ja puuston syntytyapa. Pituuskasvun nopeus vaikutti oksakiehkuroiden lukumäärään negatiivisesti. Parametrien estimaattien perusteella elävien oksakiehkuroiden lukumäärä oli pienin istutetuissa ja suurin kylvetyissä metsiköissä. Malli oli erittäin merkitsevä ja se selitti 84% vastemuuttujan vaihtelusta. Kasvunopeuden vaikutus elävien oksakiehkuroiden lukumäärään oli odotusten mukainen, sillä viljavilla kasvupaikoilla, joilla puut ovat nopeakasuuisia, myös oksien kuoleminen on todettu olevan nopeampaa kuin karuilla kasvupaikoilla (Kellomäki ym. 1992). Kasvupaikan viljavuuden voidaan olettaa olevan myös syntytyavan vaikutuksen taustalla, sillä elävien oksien kokonaismäärä on todettu suurimmaksi karuilla kasvupaikoilla (Kellomäki ym. 1992). Tuoreiden kankaiden tutkimusleimikoista valtaosa oli istutettu, kun taas kylvö ja luontainen uudistaminen olivat pääasialliset puuston syntytyvat kuivahkoilla kankailla ja turvekankailla.

Malli 3

Regressioanalyysi osoitti puiden pituuskasvun (m/v) ainoaksi rinnankorkeuden yläpuolisen kiehkuran oksien lukumäärään vaikuttavaksi tekijäksi (taulukko 6). Parametrin estimaatin perusteella kasvunopeus lisäsi oksien lukumäärää kiehkurassa. Malli oli erittäin merkitsevä ja sen selitysaste oli noin 78%. Tulos sai tukea aiemmista tutkimuksista, joiden mukaan kasvupaikan viljavuus ja puuston hyvä kasvu lisäävät syntyvien oksien määrää (Vuokila 1982, Lämsä ym. 1990, Kellomäki ym. 1992, Kärkäinen 2003).

Malli 4

Tyviosan paksuimman oksan läpimitan (mm) jakauma oli vino, joten jakauman normalisoimiseksi siitä tehtiin neliöjuurimuunnos. Vastemuuttujan merkitseviä selittäjiä olivat elävän latvuksen alkamiskorkeus (m), elävän latvuksen paksuimman oksan läpimitta (mm) sekä pituuskasvu (m/v) (taulukko 6). Latvusrajan sijaintikorkeus pienensi tyviosan paksuimman oksan läpimittaa. Elävän latvuksen paksuimman oksan läpimitta ja puun pituuskasvu puolestaan kasvattivat tyven paksuimman oksan läpimittaa. Malli oli erittäin merkitsevä ja noin 86%

tyviosan paksuimman oksan läpimitan vaihtelusta voitiin selittää tutkittujen tekijöiden avulla. Parametrien estimaattien perusteella tyviosan paksuimman oksan läpimitta oli sitä pienempi mitä korkeammalla latvusraja sijaitsi, eli mitä korkeammalle oksat olivat rungossa kuolleet, sillä oksien karsiutumisen alkaa välittömästi kuoleamisen jälkeen. Elävän latvuksen paksuimman oksan positiivisen parametrin perusteella voidaan olettaa, että paksuimmat oksat eivät olleet yksittäistapauksia. Valtaosassa (91%) koe- puista tyviosan paksuin oksa oli kuollut. Samoin kuin pituuskasvun positiivinen parametri osoitti, paksuimman kuolleen oksan läpimitan on todettu kasvavan kasvupaikan viljavuuden kohotessa ja kasvun parantuessa (Uusvaara 1991, Kellomäki ym. 1992, Jousiaho ja Uusitalo 2001).

Malli 5

Mallin vastemuuttuja oli neliöjuurimuunnos elävän latvuksen paksuimman oksan läpimitasta (mm). Muunnos tehtiin vastemuuttujan jakauman vinouden poistamiseksi. Elävän latvuksen paksuimman oksan läpimittaa selittivät parhaiten yläläpimitta (cm), tyviosan paksuimman oksan läpimitta (mm) sekä pituuskasvu (m/v). Yläläpimitan ja tyviosan paksuimman oksan läpimitan vaikutus vastemuuttujaan oli positiivinen ja pituuskasvun vaikutus negatiivinen. Malli oli erittäin merkitsevä ja sen selitysaste oli 82%. Yläläpimitan vaikutuksen osalta tulokset olivat yhteneväiset useiden aikaisempien tutkimusten kanssa, joissa puun järeyden on osoitettu kasvattavan oksan läpimittaa (Turkia ja Kellomäki 1987, Uusvaara 1991, Kellomäki ym. 1992). Kuten edellä mallin 4 yhteydessä todettiin, tyviosan ja elävän latvuksen paksuimpien oksien välillä oli positiivinen riippuvuus. Näin ollen tyviosan paksujen oksien perusteella voitiin odottaa myös latvuksen olevan paksuoksa. Pituuskasvulla oli elävän latvuksen paksuimman oksan läpimitaan päinvastainen vaikutus kuin tyviosan paksuimman oksan läpimitaan. Viljavilla kasvupaikoilla, joilla puuston kasvu on nopeaa, oksat kuolevat nopeasti, ja latvusrajan sijaintikorkeus nousee. Puilla, joilla latvusraja sijaitsee korkealla, elävän latvuksen paksuin oksa on todennäköisesti nuorempi ja läpimitaltaan pienempi kuin puilla, joilla latvusraja on matalalla.

Taulukko 6. Tulokset lineaarisista regressioanalyseistä, joissa selitettävänä olivat latvusrajan korkeus (Malli 1), elävien oksakiehkuroiden lukumäärä (Malli 2), oksien lukumäärä rinnankorkeuden yläpuolisessa kiehkurassa (Malli 3), paksuimman oksan läpimitta tyviosassa (Malli 4), ja paksuimman oksan läpimitta elävässä latvuksessa (Malli 5). Malleissa 4 ja 5 vastemuuttujat olivat neliöjuurimuunnoksia oksien läpimitoista (mm). B = parametrin estimaatti, S.E. = keskineliö, t = regressiokertoimen t-testin testisuure, P = merkitsevyytaso, SS = neliösumma, df = vapausasteet, MS = keskineliö, F = F-testisuure, R² = selitysaste.

Muuttujat	B	S.E.	t	P	Vaihtelun lähde	SS	df	MS	F	P	R ²
Malli 1											
Vakio	0,591	0,877	0,675	0,502	Regressio	87,082	3	29,027	55,973	0,000	0,730
Pohjapinta-ala (m ² /ha)	0,127	0,020	6,318	<0,001	Jäännös	32,153	62	0,519			
Yläläpimitta (cm)	0,633	0,092	6,890	<0,001	Kokonaisvaihtelu	119,235	65				
Tyven paksuun oksa (mm)	-0,206	0,022	-9,201	<0,001							
Malli 2											
Vakio	19,382	0,855	22,682	<0,001	Regressio	268,612	3	89,537	85,923	0,000	0,838
Syntytapad ₁	1,389	0,457	3,042	0,004	Jäännös	52,103	50	1,042			
Syntytapad ₂	1,169	0,391	2,987	0,004	Kokonaisvaihtelu	320,716	53				
Pituuskasvu (m/v)	-21,537	2,082	-10,345	<0,001							
Malli 3											
Vakio	-0,314	0,370	-0,850	0,399	Regressio	86,458	1	86,458	179,154	0,000	0,775
Pituuskasvu (m/v)	14,551	1,087	13,385	<0,001	Jäännös	25,095	52	0,483			
					Kokonaisvaihtelu	111,552	53				
Malli 4											
Vakio	1,765	0,318	5,547	<0,001	Regressio	11,919	3	3,973	99,687	0,000	0,857
Latvusraja (m)	-0,092	0,023	-4,046	<0,001	Jäännös	1,993	50	0,040			
Latvuksen paksuun oksa (mm)	0,097	0,011	8,806	<0,001	Kokonaisvaihtelu	13,912	53				
Pituuskasvu (m/v)	2,805	0,346	8,101	<0,001							
Malli 5											
Vakio	3,215	0,156	20,574	<0,001	Regressio	3,625	3	1,208	73,803	0,000	0,816
Yläläpimitta (cm)	0,092	0,018	5,006	<0,001	Jäännös	0,819	50	0,016			
Tyven paksuun oksa (mm)	0,058	0,006	10,066	<0,001	Kokonaisvaihtelu	4,443	53				
Pituuskasvu (m/v)	-1,319	0,284	-4,643	<0,001							

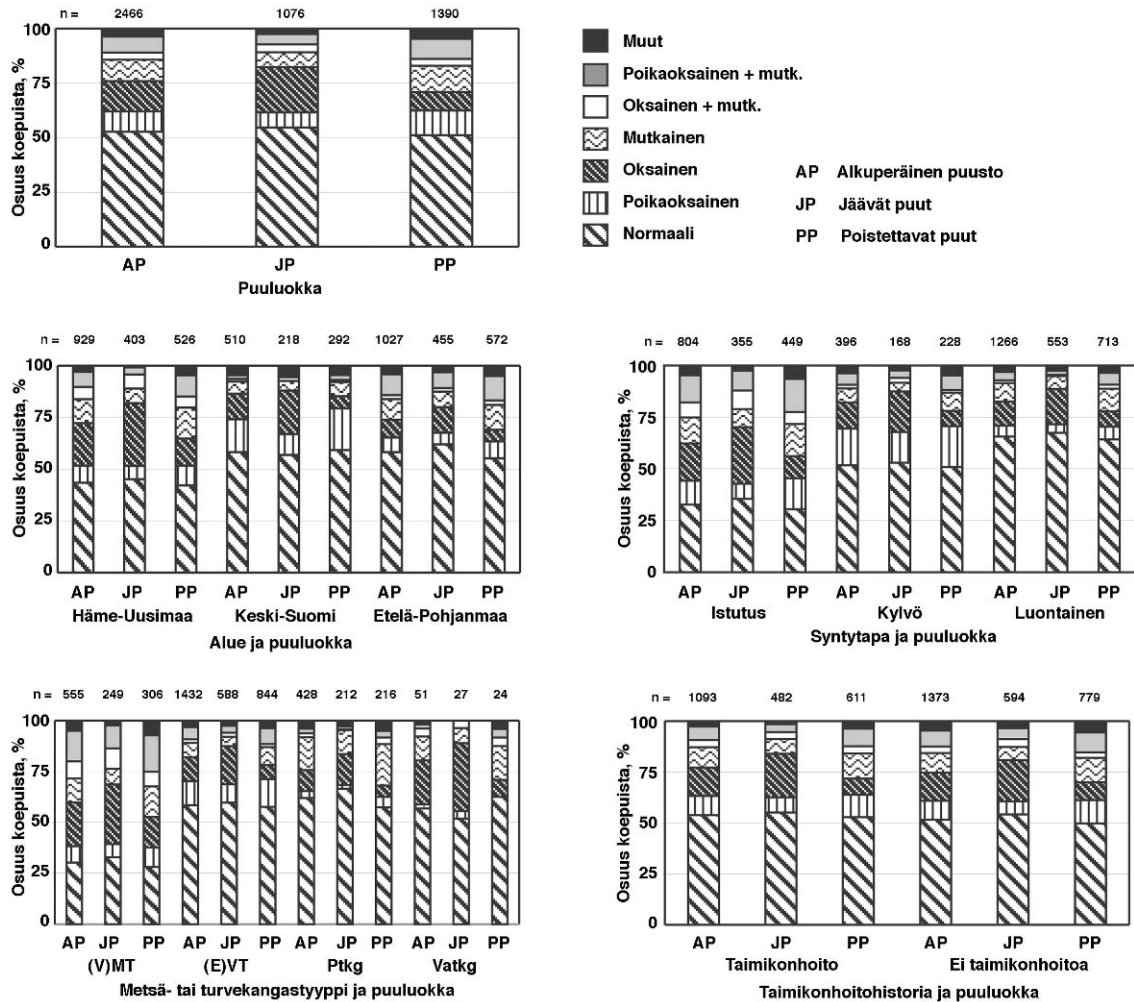
Syntytapad₁ 1 = kylvä, 0 = muulloin (istutus, luontainen)

Syntytapad₂ 1 = luontainen, 0 = muulloin (istutus, kylvä)

3.3 Rungon tekniset viat ja niihin vaikuttavat tekijät

Ulkoisesti virheettömiksi luokiteltujen puiden osuus kaikista koepuista oli 53% (kuva 1). Vioista yleisimpiä olivat oksaisuus, poikaoksausuus, mutkaisuus sekä näiden yhdistelmät. Harvinaisimmat viat kuten korot, rungon katkeaminen, tervasroso, latvanvaihdot, haaraisuus, oksaisuuden ja haaraisuuden yhdistelmät sekä oksaisuuden, mutkaisuuden ja haaraisuuden yhdistelmät muodostivat tarkasteluisa ryhmän muut viat.

Vikaisten puiden suhteellisen osuuden eroja ositteittain tutkittiin varianssianalyysillä, jossa selittävänä muuttujina olivat metsäkeskus, metsä- tai turvekangastyypin, puuston syntytyyppi, puuluokka ja taimikonhoitohistoria. Päävaikutuksista merkitseviä olivat metsäkeskus ja puuluokka. Lisäksi merkitseviä olivat metsäkeskuksen ja syntytyypin yhdysvaikutus sekä metsä- tai turvekangastyypin ja puuston syntytyypin päävaikutukset eivät olleet merkitseviä, mutta ne oli sisällytettävä malliin yhdysvaikutuksensa takia (taulukko 7). Sekamallin



Kuva 1. Ainespuun vähimmäismitat täyttäneiden koepuiden teknisen laadun jakaumat puuluokittain sekä alueittain, metsä- tai turvekangastyypeittäin, syntytyvoittain ja taimikonhoitohistorian mukaan.

satunnaistekijä oli tässä analyysissä leimikko.

Päävaikutusten parittaiset tarkastelut osoittivat ainoastaan Hämeen-Uudenmaan ja Keski-Suomen välisen eron vikaisten puiden suhteellisissa osuuksissa tilastollisesti merkitseväksi. Leimikko-kohtaisesta aineistosta laskettuna vikaisten puiden suhteellinen osuus oli Hämeen-Uudenmaan alueella keskimäärin 0,57, Keski-Suomessa 0,42 ja Etelä-Pohjanmaalla 0,41. Ilmeisesti epätasapainoisen aineiston takia Etelä-Pohjanmaan ja muiden alueiden väliset erot eivät testissä osoittautuneet merkitseviksi. Etelä-Pohjanmaan aineistosta puolet oli mitattu

turvekankailta kun taas Hämeen-Uudenmaan ja Keski-Suomen aineistot olivat kivennäismailta.

Puuluokkien välinen ero vikaisten puiden suhteellisissa osuudessa oli merkitsevä ja se osoitti poistettavat puut jääviä puita vikaistemiksi. Jäävillä puilla vikaisten puiden suhteellinen osuus oli 0,46 ja poistettavilla puilla 0,50, joten laatuharvennuksena tehtyä mallileimausta voitiin pitää onnistuneena.

Metsäkeskuksen ja syntytyvan yhdysvaikutukselle tehtyjen parittaisten vertailujen perusteella Hämeen-Uudenmaan alueella leimikon syntytyvojen välillä ei ollut vikaisten puiden osuuksissa merkitsevää eroa.

Taulukko 7. Tulokset varianssianalyyseistä, jossa vastemuuttujana oli vikaisten puiden suhteellisesta osuudesta tehty arcsin-muunnos. df_1 = osoittajan vapausasteet, df_2 = nimittäjän vapausasteet, F = F-testisuure, P = merkitsevyystaso.

Muuttujat	df_1	df_2	F	P
Päävaikutukset				
Vakio	1	51	413,689	0,000
Metsäkeskus	2	51	6,686	0,003
Syntytapa	2	51	2,604	0,084
Metsä- tai turvekangastyypin	3	51	1,958	0,132
Puuluokka	1	65	9,437	0,003
Yhdysvaikutukset				
Metsäkeskus × Syntytapa	4	51	2,822	0,034
Metsä- tai turvekangastyypin × Syntytapa	3	51	2,740	0,053

Hämeen-Uudenmaan alueella vaikutukset olivat osittain erisuuntaiset kuin muilla maantieteellisillä alueilla, joten metsäkeskuksella ja syntytavalla voitiin päätellä olleen yhdysvaikutusta vain Keski-Suomen ja Etelä-Pohjanmaan alueilla. Etelä-Pohjanmaalla vikaisten puiden suhteellinen osuus oli kylvetyissä metsiköissä suurempi kuin luontaisesti syntyneissä metsiköissä; vastaavat suhteelliset osuudet olivat 0,67 ja 0,32. Käytetyllä riskitasolla istutettujen leimikoiden ero muihin syntytapoihin verrattuna ei ollut merkitsevä. Keski-Suomessa tutkittu suhteellinen osuus oli istutetuissa metsiköissä (0,64) suurempi kuin luontaisesti syntyneissä metsiköissä (0,20).

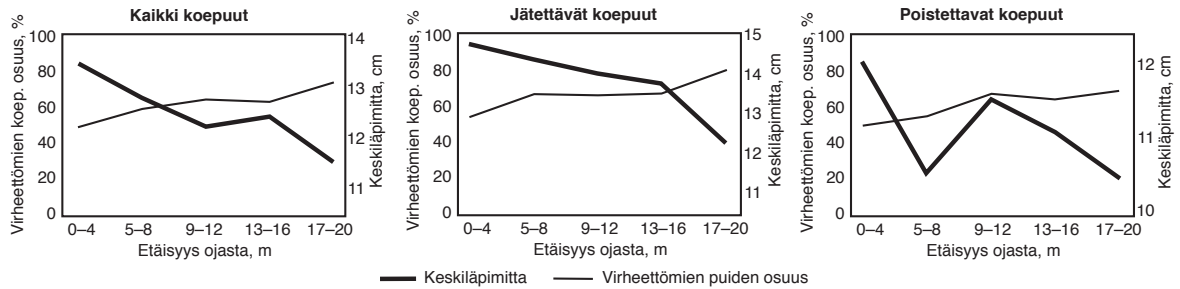
Metsä- ja turvekangastyypillä ja syntytavalla oli merkitsevää yhdysvaikutusta vain kuivahkoilla kankailla, joilla sekä istutetut että kylvetyt leimikot olivat luontaisesti syntyneitä huonolaatuisempia. Vikaisten puiden suhteellinen osuus oli istutetuilla kuivahkon kankaan leimikoilla 0,64, kylvetyillä leimikoilla 0,42 ja luontaisesti syntyneillä leimikoilla 0,32. Tuoreilla kankailla syntytapojen vaikutukset olivat samansuuntaiset kuin kuivahkoilla kankailla. Tästä voidaan päätellä, että syntytaavoilla oli vaikutusta myös tuoreilla kankailla, mutta vaikutus oli niin heikko, ettei testi ottanut sitä huomioon. Turvekankaiden leimikot oli yhtä istutettua leimikkoa lukuun ottamatta uudistettu luontaisesti.

Varianssianalyysin tulokset saivat tukea aikaisemmista tutkimuksista. Uusvaaran (1981) mukaan viljelymänniköissä esiintyi enemmän laatuviokoja kuin luontaisesti syntyneissä männiköissä, ja viljelymänniköistä saadut tyvitukit olivat huonolaatuisia.

Vuokilan (1982) mukaan metsien teknisen laadun kehittämisen keinoja ovat esimerkiksi männyn kasvattaminen ainoastaan sen luontaisilla kasvu-paikoilla sekä luontainen uudistaminen. Myös Stöd (2000) totesi viljelymännyn laadultaan heikommiksi kuin luontaisesti syntyneet männyt. Erityisesti tyvilenkoutta esiintyi viljelymännityissä huomattavasti luontaisesti syntyneitä mäntyjä enemmän.

Etelä-Pohjanmaan turvekankailla tarkasteltiin mäntykoepuiden teknistä laatua suhteessa puun ja ojan väliseen etäisyyteen (kuva 2). Turvekankaiden keskimääräinen sarkaleveys oli 38 m ja vaihteluväli 10–53 m, joten koealat kattoivat keskimäärin noin puolet sarasta. Turvekankaiden harventamattomassa puustossa 62% koepuista oli ulkoisesti virheettömiä. Virheettömien puiden osuus kasvoi ensimmäisen neljän metrin vyöhykkeen 51%:sta kohti keskisarkaa, jossa virheettömien puiden osuus oli 76%. Saran keskiosassa puiden yleisin vika oli oksaisuus ja muualla saralla mutkaisuus. Puiden rinnankorkeusläpimitta pieneni ojasta etäännyttäessä ollen 0–4 metrin etäisyydellä 13,4 cm ja 17–20 metrin etäisyydellä 11,7 cm. Puun ja ojan välisellä etäisyydellä ei kuitenkaan ollut tilastollista merkitystä teknisen laadun selittäjänä.

Turvekankaiden jäävistä puista keskimäärin 67% oli ulkoisesti virheettömiä. Virheettömien puiden osuus kasvoi siirryttäessä ojan varresta keskisarkaa kohti. Lähimpänä ojaa kasvaneissa puissa yleisin vika oli mutkaisuus, kauempana ojasta puolestaan oksaisuus. Jäävien puiden rinnankorkeusläpimitta oli suurimmillaan 0–4 m:n etäisyydellä ojasta ($d_{1,3} = 14,8$ cm) ja pienimmillään 17–20 m:n etä-



Kuva 2. Virheettömien koepuiden osuudet Etelä-Pohjanmaan turvekankaiden alkuperäisessä, jäävässä ja poistettavassa puustossa sekä koepuiden keskimääräiset rinnankorkeusläpimitat 0–20 metrin etäisyydellä ojasta.

syydellä ojasta ($d_{1,3} = 12,3$ cm). Jäävä puusto oli siis järeintä mutta huonolaatuisinta ojan lähellä, kun taas läpimitaltaan pienimmät ja laadultaan parhaat puut sijaitsivat saran keskiosissa.

Turvekankaiden poistettavista puista oli virheettömiä selvästi pienempi osuus kuin kasvatettavista puista, vain noin 46%. Suurimmillaan virheettömien poistettavien puiden osuus oli koealan keskellä, johon ajoura mallileimauksessa sijoitettiin, sekä saran keskellä. Ojan läheltä poistettavissa puissa yleisimmät viat olivat oksaisuus ja muut viat. Yli viiden metrin etäisyydellä ojasta mutkaisuus oli yleisin vika. Poistuman puut olivat suurimpia ($d_{1,3} = 12,1$ cm) ojan reunalla ja pienimpiä ($d_{1,3} = 10,5$ cm) 5–8 metrin ja 17–20 metrin etäisyydellä ojasta. Mikäli ensiharvennuksessa tehdään ajourat ojan varteen joko kunnostusajouran vuoksi tai sarkaleveyden sovittamiseksi, poistetaan siis metsikön järeintä mutta samalla huonolaatuisinta puustoa. Saran keskeltä puolestaan poistetaan pienintä mutta ulkoiselta laadultaan parasta puustoa.

3.4 Rungon laatuluokka ja siihen vaikuttavat tekijät

Koko aineistossa puiden laatuluokkien keskiarvo oli 7,5 (kuva 3). Yleisin koepuille annettu laatuluokka oli 7, joka tarkoitti luvussa 2 esitettyjen laatuluokkien määritelmien perusteella kasvatuskelpoista puuta, jonka tukkiaihio on laadultaan huono.

Harvennumäntyleimikoiden keskimääräisten laatuluokkien eroja selvitettiin varianssianalyysillä, jossa selittävinä muuttujina olivat metsäkeskus, metsä tai turvekangastyypit, syntytapa ja puuluokka (jäävä

puu/poistettava puu). Tulosten perusteella kaikki edellä mainitut päävaikutukset olivat merkitseviä (taulukko 8). Lisäksi metsäkeskuksen ja syntytavan sekä metsäkeskuksen ja puuluokan yhdysvaikutukset olivat merkitseviä. Analyysin satunnaistekijä oli leimikko. Leimikkokohtaisesta aineistosta laskettujen arvojen perusteella laatuluokkien keskiarvo oli sama hoidetuissa ja hoitamattomissa leimikoissa, joten se jätettiin varianssianalyysistä pois.

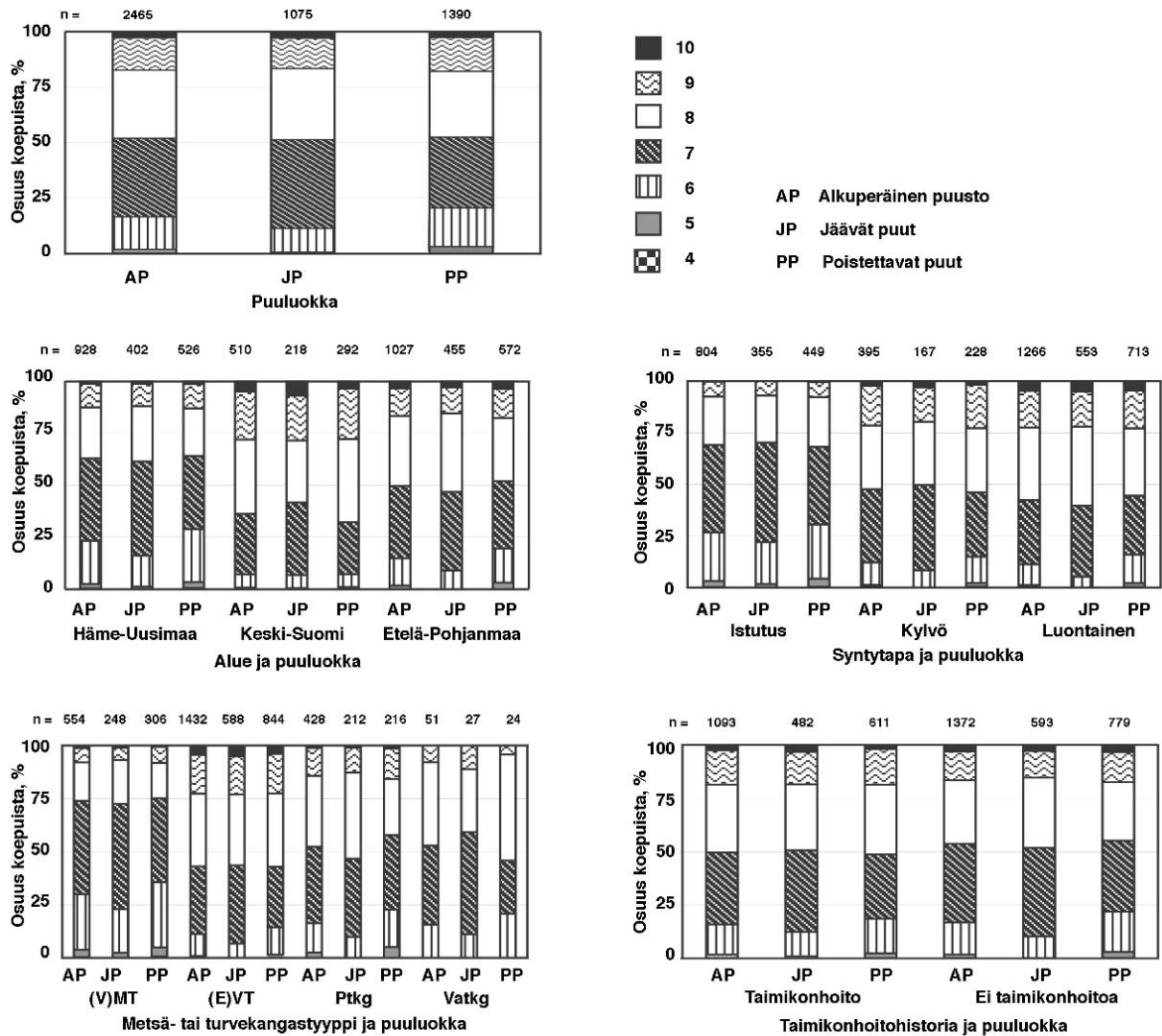
Metsäkeskuksen päävaikutuksen parittaiset vertailut osoittivat laatuluokkien keskiarvon Keski-Suomessa vertailualueita korkeammaksi. Sen sijaan Etelä-Pohjanmaan ja Hämeen-Uudenmaan välillä ei ollut merkitsevää eroa laatuluokkien keskiarvoissa. Hämeen-Uudenmaan alueella laatuluokkien keskiarvo oli 7,2, Keski-Suomessa 7,8 ja Etelä-Pohjanmaalla 7,5.

Metsä- ja turvekangastyypien välisistä eroista vain kuivahkojen kankaiden ja puolukkaturvekankaiden välinen ero oli riskitasolla 0,05 merkitsevä. Kuivahkoilla kankailla laatuluokkien keskiarvo oli 7,7 ja puolukkaturvekankailla 7,4.

Kaikki syntytapojen väliset erot laatuluokkien keskiarvoissa todettiin erittäin merkitseviksi. Luontaisesti syntyneissä metsiköissä laatuluokkien keskiarvo oli 7,7, kylvetyissä metsiköissä 7,6, ja istutetuissa metsiköissä 7,1.

Puuluokat erosivat toisistaan merkitsevästi keskimääräisen laatuluokan suhteen, joka oli jäävillä puilla parempi kuin poistettavilla puilla. Alkuperäisestä aineistosta laskettuna laatuluokkien keskiarvo oli jäävillä puilla 7,5 ja poistettavilla puilla 7,4.

Merkitseviä yhdysvaikutuksia tarkasteltaessa todettiin laatuluokkien keskiarvon olleen Hämeen-Uudenmaan alueella luontaisesti syntyneissä lei-



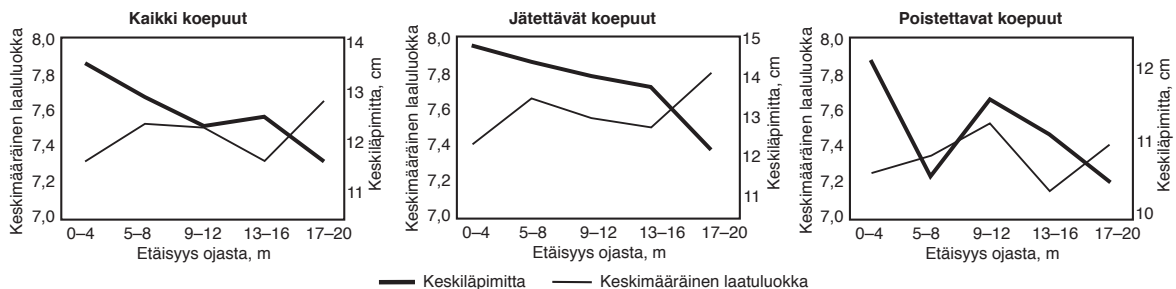
Kuva 3. Ainespuun vähimmäismitat täyttäneiden koepuiden laatuluokkien (4–10) jakaumat puuluokittain sekä alueittain, metsä- tai turvekangastyypeittäin, syntytyyppittäin ja taimikonhoitohistorian mukaan.

mikoissa korkeampi kuin istutetuissa leimikoissa. Laatuluokkien keskiarvot olivat edellä mainitussa järjestyksessä 7,5 ja 6,9. Kylvön ja muiden syntytyyppien välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa. Myös Keski-Suomessa istutettujen leimikoiden laatuluokkien keskiarvo oli vertailun huonoin. Istutetuilla leimikoilla keskiarvo oli 7,4, kylvetyillä 8,1 ja luontaisesti syntyneillä 8,4. Luontaisesti syntyneiden ja kylvettyjen leimikoiden keskiarvojen ero ei ollut Keski-Suomessa tilastollisesti merkitsevää. Istutuksen ja kylvön sekä kylvön ja luontaisen uu-

distamisen välisissä vertailuissa vaikutukset olivat Hämeen-Uudenmaan ja Keski-Suomen alueilla samansuuntaiset, joten syntytyyppien välillä voidaan olettaa olleen eroa laatuluokkien keskiarvoissa, mutta erojen olleen niin heikkoja, ettei testi ottanut niitä huomioon. Etelä-Pohjanmaalla laatuluokkien keskiarvo oli luontaisesti syntyneissä leimikoissa (7,7) korkeampi kuin kylvetyissä (7,2) tai istutetuissa (7,1) leimikoissa. Istutettujen ja kylvettyjen leimikoiden välillä ei Etelä-Pohjanmaalla ollut tilastollisesti merkitsevää eroa. Etelä-Pohjanmaan

Taulukko 8. Tulokset varianssianalyysistä, jossa vastemuuttujana oli koepuiden laatuluokan (4–10) leimikkokohtainen keskiarvo. df_1 = osoittajan vapausasteet, df_2 = nimittäjän vapausasteet, F = F-testisuure, P = merkitsevyystaso.

Muuttujat	df_1	df_2	F	P
Päävaikutukset				
Vakio	1	54	7501,143	0,000
Metsäkeskus	2	54	11,652	0,000
Syntytapa	2	54	21,028	0,000
Metsä- tai turvekangastyypin	3	54	6,128	0,001
Puuluokka	1	63	6,379	0,014
Yhdysvaikutukset				
Metsäkeskus × Syntytapa	4	54	2,470	0,055
Metsäkeskus × Puuluokka	2	63	2,921	0,061



Kuva 4. Etelä-Pohjanmaan turvekankaiden alkuperäisen, jäävän ja poistettavan puuston keskimääräiset laatuluokat ja rinnankorkeusläpimitat 0–20 metrin etäisyydellä ojasta.

aineisto koostui lähes kokonaan luontaisesti uudistetuista metsiköistä.

Metsäkeskuksen ja puuluokan yhdysvaikutuksen tarkastelu osoitti, että puuluokkien väliset erot laatuluokkien keskiarvoissa olivat merkitseviä vain Hämeen-Uudenmaan ja Etelä-Pohjanmaan alueilla, joilla molemmilla jäävät puut olivat laadultaan parempia kuin poistettavat puut. Hämeessä ja Uudellamaalla jäävien ja poistettavien puiden keskiarvot olivat 7,3 ja 7,1, ja Etelä-Pohjanmaalla 7,6 ja 7,4. Puuluokkien välinen ero ei Keski-Suomessa ollut merkitsevää.

Samoin kuin aikaisemmissa tutkimuksissa (esim. Varmola 1980, Uusvaara 1981, Vuokila 1982), myös tämän tutkimuksen aineiston perusteella luontainen uudistaminen voitiin todeta männyn laadun kannalta parhaimmaksi uudistamistavaksi. Puuluokkien laatueroon perusteella leimikoiden mallileimaus oli onnistunut, sillä jäävä puusto oli poistettua puustoa laadukkaampi. Laatuharvennuksena tehtävässä ensi-

harvennuksessa poistetaan pienimmät ja laadultaan huonoimmat puut, joiden laatua ei voida parantaa, ja kasvatetaan siten päätehakuusta saatavan laatuun määrää (Vuokila 1982, Niemistö 1994, Lilleberg 1995). Kivennäismaiden ensiharvennumänniköt olivat Stödin ym. (2002) tutkimuksessa laadultaan turvekankaiden männikköjä parempia, joskin kasvu- paikkojen laatuero oli odotettua pienempi.

Etelä-Pohjanmaan turvekankailla tarkasteltiin mäntykoepuiden laatuluokkia suhteessa puiden etäisyyteen ojasta (kuva 4). Harventamattomassa puustossa laatuluokkien keskiarvo oli 7,5. Yleisin rungon laatuluokka oli koelan (9–12 m ojasta) ja saran keskellä (17–20 m ojasta) 8, muualla koelalla 7. Laatuluokkien keskiarvo oli korkein (7,7) saran keskiosissa.

Jäävistä puista lähimpänä ojaa sijainneiden yleisin laatuluokka oli 7 ja muissa osissa sarkaa sijainneiden 8. Arvosanan 10 saaneita jääviä puita esiintyi ainoastaan saran keskiosissa, jossa myös laatuluok-

Taulukko 9. Lenkojen koepuiden osuudet kaikista mäntykoepuista, sekä lenkouden raja-arvon (1 cm/m) alittaneiden ja ylittäneiden koepuiden osuudet lengoista koepuista puuluokittain, alueittain, metsä- tai turvekangastyypeittäin, syntytavoittain ja taimikonhoitohistorian mukaan.

	Lenkoja yht. Osuus koepuista, %	Lenkous ≤ 1 cm/m Osuus lengoista koepuista, %	Lenkous > 1 cm/m
Puuluokka			
Harventamaton puusto	72,5	90,7	9,3
Jäävät puut	68,5	94,4	5,6
Poistettavat puut	75,6	70,9	29,1
Alue			
Häme-Uusimaa	76,4	89,0	11,0
Keski-Suomi	59,4	88,6	11,4
Etelä-Pohjanmaa	75,4	91	9,0
Metsä- tai turvekangastyyppi			
MT / VMT	87,5	87,0	13,0
VT / EVT	64,2	92,9	7,1
Ptkg	79,7	89,4	10,6
Vatkg	80,4	92,7	7,3
Syntytapa			
Istutus	88,2	87,2	12,8
Kylvö	57,5	95,6	4,4
Luontainen	66,4	93,3	6,7
Taimikonhoitohistoria			
Taimikonhoito	70,7	90,8	9,2
Ei taimikonhoitoa	73,8	90,5	9,5

kien keskiarvo oli korkein (7,8).

Myös poistettavista puista valtaosa kuului laatu- luokkaan 7. Tästä poiketen saran keskiosasta (17–20 m ojasta) poistettiin eniten laatuoluokan 6 koepuita ja koealan keskiosasta (9–12 m ojasta) laatuoluokan 8 puita. Ajouran sijoittaminen mallileimauksessa koealan keskelle selittää hyvälaatuisten puiden suuren osuuden poistettavista puista 9–12 metrin etäisyydellä ojasta, jossa myös laatuoluokkien keskiarvo oli paras (7,5). Laadultaan parhaita mutta latvuskilpailun hävinneitä puita poistettiin koealan keskiosan lisäksi 17–20 metrin etäisyydellä ojasta. Laadultaan parhaat puut olivat yleisesti hieman muita puita pienempiä.

Mäntyrunгон laatuoluokkaan vaikuttivat oksik- kuuden ja vikojen lisäksi lenkous ja puun yleinen kasvatuskelpoisuus (luku 3.5). Lenkous oli yleistä, mutta varsin lievää, sillä valtaosassa puista lenkou- den määrä ei ylittänyt mäntytukkien tavanomaisten laatuvaatimusten mukaista raja-arvoa 1 cm/m (tau- lukko 9). Lenkojen puiden osuus oli suurin Etelä-

Pohjanmaalla ja tuoreilla kankailla. Istutetut puut olivat useammin lenkoja kuin kylvetyt tai luontai- sesti syntyneet puut. Taimikonhoitotoimenpiteiden suorittaminen näytti vähentäneen lenkojen puiden osuutta. Mallileimauksessa poistettaviksi oli valittu etenkin voimakkaasti lenkoja puita.

3.5 Jäävän puuston kasvatuskelpoisuus ja tukki-dotukset sekä poistuman tukki- kelpoisuus

Koko aineistossa kasvatettaviksi jäävistä puista yh- teensä 89% luokiteltiin ulkoisen laadun perusteella tukkipuiksi kasvatuskelpoisiksi, eli ne kuuluivat laatuoluokkiin 7–10. Kuitupuiksi kasvatettaviksi arvioitiin 11% jäävistä puista.

Tukki-aihiollisten jäävien puiden osuus oli suu- rin Keski-Suomessa, kuivahkoilla kankailla sekä luontaisesti syntyneissä metsiköissä (taulukko 10). Tukkipuiksi kasvatettavien osuus jäävistä puista

Taulukko 10. Huonon (laatuluokka 7), normaalin (8), hyvän (9) tai erinomaisen (10) tukkiaihion sisältäneiden mäntykoepuiden osuudet ja tukkiaihiollisten koepuiden yhteenlaskettu osuus jäävistä koepuista alueittain, metsä- tai turvekangastyypeittäin, syntytavoittain ja taimikonhoitohistorian mukaan.

	Huono	Normaali	Hyvä	Erinomainen	Tukkiaihiolliset yht.
	Osuus jäävistä puista, %				
Alue					
Häme-Uusimaa	45,3	26,6	10,7	1,2	83,8
Keski-Suomi	34,9	29,8	21,6	6,9	93,2
Etelä-Pohjanmaa	37,8	37,8	12,5	2,9	91,0
Metsä- tai turvekangastyyppi					
MT / VMT	49,6	21,4	5,6	0,4	77,0
VT / EVT	36,7	33,5	17,9	5,1	93,2
Ptkg	36,8	40,6	11,8	0,9	90,1
Vatkg	48,1	29,6	11,1	–	88,8
Syntytapa					
Istutus	48,2	22,8	7,0	–	78,0
Kylvö	41,3	30,5	16,8	3,0	91,6
Luontainen	34,4	38,3	17,0	5,1	94,8
Taimikonhoitohistoria					
Taimikonhoito	38,2	30,9	15,1	3,3	87,5
Ei taimikonhoitoa	41,5	32,9	12,5	2,9	89,8

oli metsiköissä, joissa taimikonhoitoa ei ollut tehty, noin kaksi prosenttiyksikköä suurempi kuin metsiköissä, joissa taimikonhoito oli tehty. Tämä oletusten vastainen ero hoitamattomien metsiköiden eduksi esiintyi kuitenkin vain huonon ja normaalin tukkiaihion sisältäneiden kasvatettavien puiden osuuksissa. Hyvän tai erinomaisen tukkiaihion sisältäneiden puiden osuus oli suurempi hoidetuissa metsiköissä.

Jäävistä puista huonon tukkiaihion sisälsi 40%, normaalin tukkiaihion 32%, hyvän tukkiaihion 14% ja erinomaisen tukkiaihion 3%. Hyvien ja erinomaisten tukkiaihioiden osuus oli suurin kuivahkoilla kankailla ja puolukkaturvekankailla, luontaisesti syntyneissä metsiköissä ja hoidetuissa metsiköissä.

Tulevien tyvitukkien laadun ennustamista vaikeuttaa se, että yhtenä laadun indikaattorina käytettävä elävien oksien paksuuskasvu ei ole nuorilla puilla vielä loppunut, oksien kuoleminen ja karsiutuminen on vasta alussa eikä oksikkuus, erityisesti oksattoman ja kuivaoksaisten rungonosan sijainti, ole vielä lopullisesti määräytynyt (Kärkkäinen ja Uusvaara 1982, Turkia ja Kellomäki 1987, Lämsä ym. 1990, Varmola 1996).

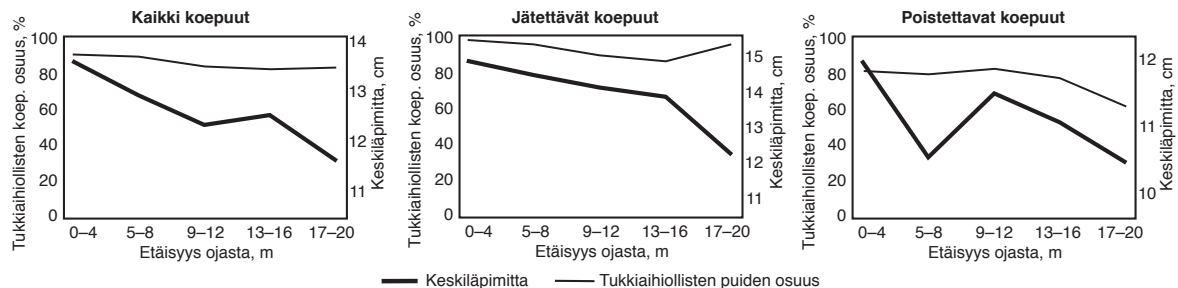
Poistettavista puista 80% oli tukkiaihiollisia. Kuitupuuksi luokiteltiin 18% poistettavista puista. Tukkiaihiollisten poistettavien puiden osuus oli suurin Keski-Suomessa ja kuivahkoilla kankailla (taulukko 11). Kylväen tai luontaisesti syntyneissä metsiköissä tukkiaihiollisten poistettavien puiden osuus oli huomattavasti suurempi kuin istutetuissa metsiköissä. Tukkiaihiollisia puita poistettiin enemmän metsiköistä, joissa oli tehty taimikonhoito kuin hoitamattomista metsiköistä.

Huonon tukkiaihion sisälsi 32%, normaalin tukkiaihion 30%, hyvän tukkiaihion 15% ja erinomaisen tukkiaihion 3% poistettavista puista. Hyvien ja erinomaisten tukkiaihioiden osuus oli suurin kuivahkojen kankaiden, varputurvekankaiden, luontaisesti uudistettujen ja hoidettujen metsiköiden tukkiaihiollisissa puissa.

Kun tukkiaihiollisia poistettavia puita tarkasteltiin 4,5 m:n korkeudelta mitatun yläläpimitan perusteella, vain noin kolme prosenttia puista ylitti mäntytykin yleisen minimiläpimittavaatimuksen, 15,0 cm. Pikkutukkia hakattaessa aineiston puista olisi saatu sahapuuta tätä enemmän. Pikkutukin määrittely ja mittavaatimukset vaihtelevat sahoittain, mutta käytössä ovat yleisesti ainakin pituudet 3,7–4,6 m

Taulukko 11. Huonon (laatuluokka 7), normaalin (8), hyvän (9) tai erinomaisen (10) tukkiahion sisältäneiden mäntykoepuiden osuudet ja tukkiahioillisten koepuiden yhteenlasketut osuudet *poistettavista* koepuista alueittain, metsä- tai turvekangas-tyypeittäin, syntytavoittain ja taimikonhoitohistorian mukaan.

	Huono	Normaali	Hyvä	Erinomainen	Tukkiahioilliset yht.
	Osuus poistettavista puista, %				
Alue					
Häme-Uusimaa	35,2	23,0	11,6	1,3	71,1
Keski-Suomi	25,0	40,1	24,3	3,4	92,8
Etelä-Pohjanmaa	32,3	30,4	14,0	3,7	80,4
Metsä- tai turvekangastyypit					
MT / VMT	39,5	16,7	7,5	0,7	64,4
VT / EVT	28,4	34,6	18,6	3,9	85,5
Ptkg	35,2	26,4	14,4	1,4	77,4
Vatkg	25,0	50,0	4,2	–	79,2
Syntytapa					
Istutus	37,6	24,1	7,3	0,4	69,4
Kylvö	31,1	31,1	21,1	1,8	85,1
Luontainen	28,5	32,7	18,4	4,5	84,1
Taimikonhoitohistoria					
Taimikonhoito	30,1	32,6	16,7	2,0	81,4
Ei taimikonhoitoa	33,2	27,3	14,1	3,3	77,9



Kuva 5. Tukkiahioillisten koepuiden osuudet Etelä-Pohjanmaan turvekankaiden alkuperäisessä, jäävässä ja poistettavassa puustossa sekä koepuiden keskimääräiset rinnankorkeusläpimitat 0–20 metrin etäisyydellä ojasta.

ja latvaläpimitat 9,0–14,0 cm. Myös mainittuja lyhyempiä pituuksia ja pienempiä latvaläpimittoja käytetään. Kun tukin minimiläpimitäksi oletettiin 14 cm, vain 5% tukkiahion sisältäneistä puista täytti 4,5 m:n korkeudella tämän läpimittavaatimuksen. Läpimittaa pienennettäessä tukkiahioillisten puiden osuus kuitenkin kasvoi huomattavasti. Latvaläpimittavaatimuksen ollessa 13 cm osuus oli 8%, 12 cm:n läpimittavaatimuksella 13%, 11,0 cm:n läpimittavaatimuksella 21%, 10 cm:n läpimittavaatimuksella 32% ja 9 cm:n läpimittavaatimuksella 46%.

Alkuperäisessä puustossa tukkiahioillisten puiden

osuus oli suurin ojan lähellä ja pienin 13–16 metrin etäisyydellä ojasta; näillä etäisyyksillä ojasta tukkiahioiden laatu oli kuitenkin useimmiten huono. Saran muissa osissa valtaosa tukkiahioillisista puista oli laadultaan normaaleja.

Tukkiahioillisten jäävien puiden osuus oli suurin 0–4 m:n etäisyydellä ojasta, jossa myös huonon tukkiahion sisältäneiden puiden osuus oli suurin (kuva 5). Normaalin tukkiahion puiden osuus oli suurin 17–20 m:n etäisyydellä ojasta ja hyvän tukkiahion puiden 5–8 m:n etäisyydellä ojasta. Tukkiahioilta erinomaisia puita esiintyi ainoas-

Taulukko 12. Koealojen keskimääräiset runkoluvut (kpl/ha) ainespuun mitat täyttäneiden puiden osalta puulajeittain (mänty (n = 66), kuusi (n = 17) ja muut puulajit (n = 33)) sekä männyn osalta alueittain, metsä- tai turvekangastyypeittäin, syntytaivoittain ja taimikonhoitohistorian mukaan.

	Harventamaton puusto	Jäävät puut	Poistettavat yhteensä	Urien ulkopuolelta poistettavat	Ajourapuut yhteensä	Ajourapuut (kasv.)	Ajourapuut (poist.)
	Runkoluku, kpl/ha						
Puulaji							
Mänty	1874	817	1057	733	324	135	189
Kuusi	53	9	44	30	14	4	10
Muut puulajit	115	29	86	62	24	6	18
Alue							
Häme-Uusimaa	1872	810	1062	736	326	126	200
Keski-Suomi	1961	838	1123	808	315	142	173
Etelä-Pohjanmaa	1835	814	1021	696	325	139	186
Metsä- tai turvekangastyyppi							
MT / VMT	1750	784	966	676	290	128	162
VT / EVT	2050	841	1209	858	351	144	207
Ptkg	1646	815	831	527	304	127	177
Vatkg	1275	675	600	375	225	75	150
Syntytapa							
Istutus	1838	811	1027	723	304	127	177
Kylvö	1980	840	1140	765	375	175	200
Luontainen	1866	815	1051	730	321	128	193
Taimikonhoito-historia							
Taimikonhoito	1890	833	1057	737	320	129	191
Ei taimikonhoitoa	1862	805	1057	732	325	139	186

taan 17–20 m:n etäisyydellä ojasta.

Tukkiyaihiollisia puita poistettiin eniten koealan keskeltä (etäisyys ojasta 9–12 m), jonne ajoura oli mallileimauksessa sijoitettu. Huonon tukkiyaihion sisältäneitä puita poistettiin suhteellisesti eniten ojan läheltä (0–4 m) ja normaalin tukkiyaihion sisältäneitä puita koealan keskeltä. Hyvän tukkiyaihion sisältäneiden poistettavien puiden osuus oli suurin koealan keskiosassa ja erinomaisen tukkiyaihion sisältäneiden puiden osuus 17–20 m:n etäisyydellä ojasta.

3.6 Ajouran vaikutus jäävien ja poistettavien puiden määrään ja laatuun

Koealojen mallileimauksessa pyrittiin noin neljän metrin ajouraleveyteen. Siitä huolimatta ajouran leveys vaihteli koealoittain 3,3 metristä 6,1 metriin, keskiarvon ollessa 4,3 m. Suurimmat ajouralevydet esiintyivät puustoltaan aukkoisten turvekankaiden koealoilla. Aukkoisissa puustoissa käytetty ajoura-

leveyden mittausmenetelmä kuvaa paremminkin puuston tilajärjestystä kuin korjuukoneiden vaatimaa tilaa.

Harventamattomassa puustossa ainespuun mitat täyttäneiden puiden keskimääräinen runkoluku oli kaikki puulajit mukaan lukien 2042 kpl/ha (taulukko 12). Näistä oli mäntyjä 1874 kpl/ha (92%), joista poistettaviksi luokiteltiin 1057 kpl/ha ja kasvatettaviksi 817 kpl/ha. Osalla 66 koealasta mänty oli ainoa puulaji; kuusia esiintyi 17 koealalla ja muita puulajeja, lähinnä koivua, 33 koealalla.

Ajourapuiden osuus kaikista poistettavista puista oli 31%. Ajourapuista keskimäärin 42% olisi ilman ajouran vaikutusta jätetty kasvatettaviksi. Ajouran takia menetettävien kasvatuskelpoisten puiden keskimääräinen runkoluku oli aineistossa 135 kpl/ha, mutta laadultaan parhaissa leimikoissa ajourien avaamisen takia poistettavia hyvälaatuisia mäntyjä oli jopa 250–300 kpl/ha ja muiden puulajien puita 100 kpl/ha. Koko aineistosta laskettuna ajourat pienensivät kasvatuskelpoisten jäävien puiden määrää

keskimäärin 14% (Häme-Uusimaa 13,5%, Keski-Suomi 14,5% ja Etelä-Pohjanmaa 14,6%).

Tekniseltä laadultaan virheettömien puiden osuus jäävistä puista oli lähes sama (noin 51%) riippumatta siitä leimattiinko koealalle ajoura vai ei. Ajourapuiden joukossa oli virheettömiä puita hieman enemmän kuin urien ulkopuolelta poistettavien puiden joukossa (52% vs. 51%). Vioista poikaoksaisuus ja oksaisuus olivat yleisimpiä ajourapuissa ja mutkaisuus sekä useiden eri vikojen samanaikainen esiintyminen ajourien ulkopuolelta poistettavissa puissa.

Jääviä puita tarkasteltaessa ajourallisen ja ajourattoman laskentavaihtoehdon laatuluokkajakaumat olivat lähes samat. Tukkiyaihiollisten puiden osuus jäävistä puista oli lähes 90% riippumatta siitä, tehtiinkö koealalle ajoura vai ei.

Myös poistettavien puiden osalta laatuluokkajakaumien erot olivat ajourallisen ja ajourattoman laskentavaihtoehdon välillä vähäiset. Tukkiyaihiollisten puiden yhteenlaskettu osuus poistumasta oli kuitenkin selvästi suurempi ajouralla kuin sen ulkopuolella (83% vs. 78%). Sen sijaan erinomaisen tukkiyaihion sisältäneitä puita oli ajourien ulkopuolelta poistettavien puiden joukossa hiukan enemmän kuin ajourilta poistettavien puiden joukossa (3% vs. 2%).

Turvekankailla koealan keskiosan (9–12 m ojas-ta) puista 83% oli luokiteltu tukkiyaihiollisiksi, ja ajouran vuoksi sieltä poistettiin saran muihin osiin verrattuna enemmän normaalin ja hyvän tukkiyaihion sisältäneitä puita.

4 Tulosten tarkastelu

Tutkimuksen tavoitteena oli määrittää ensiharvennumänniköiden runkojen tekninen eli ulkoinen laatu Suomen eteläosissa sekä tärkeimmät laatuun vaikuttavat metsikkötason tekijät, joita voidaan käyttää puunhankinnan ohjauksen ja puunkorjuun suunnittelun perusteina. Leimikoita oli 66 kpl ja niiltä mitattujen koealojen puista tutkimukseen otettiin mukaan ainespuun mitat täyttäneet männyt, yhteensä 2474 kpl. Aineiston määrä ja laatu täyttivät vaatimukset tutkimuksen tavoitteiden saavuttamiseksi. Maastomittauksissa puiden laatu määriteltiin ulkoisten vikojen ja rungolle annetun

laatuluokan perusteella. Lisäksi otettiin huomioon mm. koepuiden terveydentila. Sama mittausryhmä teki kaikki tutkimuksen mittaukset ja arvioinnit, joten mittaajista johtuvat erot eivät vaikuttaneet tulosten vertailtavuuteen ositteiden välillä.

Leimikoilla tehty mallileimaus oli etenkin valtapi-tuudeltaan ja läpimitaltaan pienimmissä puustoissa varsin voimakas verrattuna esim. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion harvennusohjeisiin (Hyvän metsänhoidon... 2001, Sirén ym. 2002). Toisaalta nykyisin vallitsevassa koneellisessa korjuussa myös poistuman keskiläpimitta ja harvennusvoimakkuus voivat olla aiempaa suuremmat jo hakkuukoneiden vaatiman tilankin takia. Alkuperäisen, jäävän ja poistettavan puuston puutunnusten keskimääräisten arvojen perusteella sovellettu mallileimaus olisi voitu tulkita sekä ala- että laatuharvennuksiksi, sillä kasvatettaviksi jätetyt puut olivat pituudeltaan ja läpimitaltaan poistettavia puita suurempia. Myös keskimääräiset oksien paksuudet olivat suuremmat jäävillä puilla. Sen sijaan oksien maksimiläpimitat osoittivat, että kaikkein paksuoksaisimmat puut valittiin mallileimauksessa laatuharvennuksen periaatteiden mukaisesti poistettaviksi. Laatuharvennuksen jäävän puuston keskimääräistä laatua kohottava vaikutus tulee luonnollisesti selvimmin ilmi metsiköissä, joissa runkojen välinen laatu vaihtelu on suurinta ja huonolaatuisimmat rungot ovat ylimmässä latvuskerroksessa. Tässä tutkimuksessa ilmeisen pieni vaikutus johtui mallileimauksen toteutustavasta, pienehköstä laatu vaihtelusta läpimita- ja latvuskerrosluokkien välillä, tai molemmista edellä mainituista syistä.

Ensiharvennumännyn on todettu vastaavan sisäiseltä oksaisuuslaadultaan lähes tukkirungon latvaosan pienpuuta ja olevan siten sopivaa raaka-ainetta esimerkiksi huonekaluteollisuudelle (Jouhiaho ja Uusitalo 2001). Tässä tutkimuksessa yli puolet koepuista oli ulkoiselta oksikkuudeltaan normaali-tai hento-oksaisia (oksien läpimitta alle 25 mm). Leimikon ominaisuudet, esimerkiksi kasvupaikka, eivät juuri suoraan vaikuttaneet oksikkuustunnuksiin. Oksikkuuden kannalta merkitseviä tekijöitä olivat leimikon keskimääräiset puustotunnukset, niistä yleisimpänä kasvunopeus, jonka kautta esimerkiksi kasvupaikan viljavuuden voidaan olettaa vaikuttaneen oksikkuuteen.

Kivennäis- ja turvemaiden koepuiden ero oli

etenkin oksanpaksuuksien suhteen pieni. Sen sijaan latvusraja sijaitsi koepuissa kivennäismailla korkeammalla kuin turvemaileda. Koska alimman kuolleen oksan sijaintikorkeutta ei mitattu, oksatoman ja kuivaoksaisten rungonosan pituutta kivennäis- ja turvemaileda ei voitu vertailla. Myös Jouhiaho ja Uusitalo (2001) havaitsivat tutkimuksessaan turvemaiden ensiharvennuspuun olevan oksaisuuslaadultaan miltei kivennäismaiden ensiharvennuspuun veroista. Oksikkuus kuvaa puun tilannetta kuitenkin vain tarkasteluhetkellä ja se riippuu lähes yksinomaan puun menneestä kehityksestä. Näin ollen oksikkuus ei välttämättä ole kiistaton todiste puun sopivuudesta tiettyyn käyttötarkoitukseen hakkuun mukaisessa ikävaiheessa (Varmola 1980, Lämsä ym. 1990, Kellomäki ym. 1992).

Kasvupaikkaluokka on kvalitatiivinen muuttuja, jonka luokkien sisällä viljavuusvaihtelu voi olla suurta. Tämän vuoksi metsä- tai turvekangastyyppejä ei pidetä erityisen hyvänä puun laadun selittäjänä (Kärkkäinen ja Uusvaara 1982, Uusitalo 1997). Esimerkiksi puuston tiheyden vaikutus oksien läpimitoihin voi vaihdella kasvupaikan sisäisen viljavuuden vaihtelun mukaan (Kellomäki ym. 1992). Tämän tutkimuksen tulosten mukaan metsä- ja turvekangastyypin välillä ei ollut eroa vikaisten puiden osuuksissa. Vaikka metsä- tai turvekangastyypillä ei yksinään ollut vaikutusta laatuun, sen yhdysvaikutus puuston syntyvän kanssa oli kuitenkin erittäin merkitsevä. Kun tutkittu laatumuuttuja oli puiden keskimääräinen laatuluokka, metsä- tai turvekangastyypin päävaikutus oli merkitsevä, mutta sillä ei ollut yhdysvaikutusta muiden muuttujien kanssa.

Kärkkäisen ja Uusvaaran (1982) mukaan männikön synty tapa ei ole laadun kannalta merkitsevä tekijä, lenkouden esiintymistä lukuun ottamatta. Tässä tutkimuksessa puuston synty tavalla ei yksinään ollut vaikutusta vikaisten puiden osuuteen, mutta sen yhdysvaikutukset metsäkeskuksen ja metsä- tai turvekangastyypin kanssa olivat merkitseviä. Vertailujen perusteella vikaisten puiden osuus oli lähes poikkeuksetta suurin ja laatuluokan keskiarvo pienin istutetuissa männiköissä. Sen sijaan kylvettyjen ja luontaisesti uudistettujen metsiköiden väliset erot laatutunnuksissa olivat vähäisiä. Keskimääräiseen laatuluokkaan synty tapa vaikutti sekä pää- että yhdysvaikutuksen kautta. Molemmat vaikutukset

osoittivat laadun huonoimmaksi istutetuissa metsiköissä. Samankaltaisiin tuloksiin on päästy lukuisissa aiemmissa tutkimuksissa, joissa luontaisen uudistamisen tai kylvön on todettu antavan männyn laatukasvatukselle istutusta paremmat edellytykset (Uusvaara 1981, Huuri ym. 1987, Uusvaara 1991, Kinnunen 1993, Agestam ym. 1998).

Männiköiden ensiharvennusten korjuuoloja selvittäneessä hankkeessa, jonka maastotöiden yhteydessä tämän tutkimuksen aineisto kerättiin, saatujen tulosten mukaan ensiharvennuksen keskimääräinen kertymäärä oli Keski-Suomen kivennäismaan männiköistä 33,8 m³/ha ja turvemaan männiköistä 29,3 m³/ha (Sirén ym. 2002). Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin tyviosan tukkiaihion ja puista mitatun yläläpimitan avulla sitä, miten poistuma täyttää erilaisten puutavaralajien mitta- ja laatuvaatimukset. Tukkia koemetsiköistä ei olisi juurikaan saatu tavanomaisin pituus- ja läpimittavaatimuksin; sen sijaan pikkutukin lisääminen puutavaralajeihin kasvatti sahapuuta tuottavien puiden osuuden jopa lähes puoleen poistettavista, laadun perusteella tukkiaihioiksi määritellyistä puista.

Sahauskelpoisen puun määräksi männiköiden ensiharvennuksista on arvioitu noin 5–15 m³/ha, joka on 10–20% hakkuukertymästä (Stöd 2000, Saksa 2001). Wall ym. (2003) totesivat sahauskelpoisen puun osuuden jäävän männyllä ensiharvennuksessa erittäin pieneksi, noin 7–12%:iin hakkuukertymästä, mikäli apteerataan vain tukkia ja kuitupuuta. Kertymän pienuus johtui lähinnä puiden pienestä koosta, sillä normaalitukin mittavaatimukset täyttäkseen puun rinnankorkeusläpimitan tulisi olla vähintään 17 cm. Myös puille asetetut laatuvaatimukset olivat tiukat. Lyhyttukin (pituus 2,5–3,4 m) lisääminen puutavaralajeihin kasvatti sahapuun kertymää enemmän kuin pikkutukin (pituus 3,1–4,6 m) lisääminen. Lyhyttukkijäpituuksillakin sahauskelpoisen puun osuus leimikon hakkuukertymästä oli kuitenkin keskimäärin vain 14%.

Suuri osa tämän tutkimuksen ensiharvennusten hakkuukertymistä olisi ollut laatunsa puolesta hyödynnettävissä puutuoteteollisuuden raaka-aineena. Erityisesti kuivahkoilla kankailla myös poistettavat puut olivat hyvälaatuisia. Tuoreiden kankaiden koepuiden parempi kasvu kompensoi osittain niiden huonoa laatua, sillä normaalitukin mittavaatimukset täyttäneiden tukkiaihioisten puiden osuus oli

tuoreilla kankailla suurempi kuin kuivahkoilla kankailla. Sopivan käyttökohteen löytyessä viljaviltakin kasvupaikoilta siis saadaan puutuoteteollisuudessa käyttökelpoista puuta, joskin kasvupaikkatyyppien sisäinen viljavuuden vaihtelu tulee ottaa leimikoiden valinnassa huomioon. Karujen ja viljavien kasvupaikkojen välinen ero näyttää kuitenkin kasvavan ensiharvennuksen jälkeen, sillä ero tukkiaihioillisten jäävien puiden osuuksissa tuoreiden ja kuivahkojen kankaiden välillä oli jopa 16 prosenttiyksikköä. Tämän perusteella voidaan olettaa, että myöhemmissäkin hakkuissa puutuoteteollisuudelle sopivinta raaka-ainetta saadaan nimenomaan vähäravinteisten kasvupaikkojen männiköistä.

Tulevaisuuden tukki odotusten kannalta leimikoiden mallileimaus oli toteutettu onnistuneesti. Virheettömien ja tukkiaihioillisten puiden osuus jäävän puuston joukossa oli korkea, sillä toista harvennusta odottamaan jäi puusto, josta tukkipuiksi kasvutuskelpoisia runkoja oli noin 90%. Tukkiaihioillisten puiden osuus oli laadun perusteella suurin kuivahkoilla kankailla ja luontaisesti syntyneissä metsiköissä. Odotusten vastaisesti tukkiaihioilliset puut olivat järeimpiä varputurvekankailla.

Ajoura pienensi ensiharvennuksessa hyvälaatuisten jäävien puiden osuutta hieman, mutta kaiken kaikkiaan sen vaikutus jäävän ja poistettavan puuston tekniseen laatuun ja laatuluokkajakaumaan oli vähäinen. Ajouran avaamisesta huolimatta tukkiaihioillisten puiden osuus jäävistä puista oli noin 89%. Tukkiaihioillisten puiden osuus oli noin viisi prosenttiyksikköä suurempi ajourilta kuin niiden ulkopuolelta poistettavista puista. Sen sijaan ajourien ulkopuolelta poistettiin enemmän parhaan laatuluokan puuta kuin ajourilta; tähän oli syynä laadukkaimpien puiden pienuus, sillä ne olivat jo hävinneet latvuskilpailun.

Mikäli ajoura sijoitetaan suometsiköissä ojan penkalle, hakataan metsikön ulkoisesti huonolaatuisimpia mutta suurikokoisimpia puuta, joiden kasvuun ojituksella on ollut eniten vaikutusta. Toisaalta myös tukkiaihioillisten puiden osuus oli tässä aineistossa suurin lähimpänä ojaa kasvaneilla puilla. Harventamattomassa puustossa tukkiaihioillisten puiden osuus oli lähellä ojaa noin kahdeksan prosenttiyksikköä suurempi kuin 13–16 m:n etäisyydellä ojasta, jossa tukkiaihioillisten puiden osuus oli pienin. Edellä mainituilla etäisyyksillä ojasta kas-

vaneissa puissa tukkiaihiot oli luokiteltu valtaosin huono- tai normaalilaatuisiksi. Ajouravälin ollessa 20 m ja sarkaleveyden noin 40 m ojasta seuraavan uran sijoituspaikka on saran keskellä, jossa tutkimuksen koepuut olivat laadultaan parhaita mutta kooltaan pienimpiä. Keskisaran puuston kasvun onkin todettu jäävän aina jälkeen ojanreunuspuiden kasvusta. Ojitetuilla turvemaidella puuston kasvuun vaikuttavat vesitalous, erityisesti pohjavesipinnan syvyys, sekä kunnostusojitusten ajoitus ja niihin liittyvät harvennushakkuut (Heikurainen 1980, Lauhanen ym. 1998).

Jäävän puuston laadun perusteella sopivin ajouran sijoituspaikka olisi turvekankailla siis ollut 13–16 metrin etäisyydellä ojasta. Vaihtoehtoisilla ajouran sijoittelutavoilla, esimerkiksi ojan penkalle tai mallileimauksen mukaisesti, menetettäisiin enemmän keskimääräistä suurempia, tukkiaihioillisia tai muutoin hyvälaatuisia puuta. Varsinaiset ajourat voidaan myös jättää tekemättä, mikäli hakkuussa käytetään pieniä, erityisesti harvennuksille suunniteltuja koneita, joiden tilantarve on normaaleihin hakkuukoneisiin verrattuna pieni. Ajourat voidaan myös tehdä kohtisuoraan ojia vastaan, jolloin puuta poistuu tasaisesti saran eri osista ja ajouran vaikutus ei kohdistu yhtä voimakkaana tietyn kokoluokan puihin. Ajourien kohtisuora suuntaaminen mahdollistaa myös metsikön aukko kohtien hyödyntämisen, kunhan riittävä ajouraväli säilytetään.

Ajourien takia menetettävien, kasvatettavaan jaksoon kuuluvien puiden määrää voidaan vähentää ajourien suuntaamisella. Ruotsissa Dahlin (1980) tutki simuloimalla mahdollisuutta säästää kasvatettavaksi tarkoitettavaa puustoa ajouria mutkittelemalla. Erityisen kannattavaa tällainen ajourien suuntaaminen oli puustoltaan epätasaisissa leimikoissa. Mutkittelemalla voidaan säästää 30–80% muutoin ajourilla olevista päävaltapuista ja lisätä 10% päävaltapuiden määrää harvennuksen jälkeen.

Nykyään urasuunnittelun tekee yleensä hakkuukoneenkuljettaja työn yhteydessä. Kuljettajan päähuomio urien suunnittelussa kohdistuu ajouravälin pitämiseen ohjeiden mukaisena. Ajouravälin säilyttäminen oikeana edellyttää selväpiirteistä uraverkostoa. Tutkimuksessa tehdyssä mallileimauksessa ajourat olivat verraten suorita ja vastasivat melko hyvin nykyistä konehakattujen ensiharvennusleimikoiden käytäntöä.

Kiitokset

Tutkimusaineisto on kerätty hankkeen Ensiharvennusten korjuuolot ja niiden parantamismahdollisuudet yhteydessä. Kyseistä hanketta ovat rahoittaneet Teknologian kehittämiskeskuksen Puuenergian teknologiaohjelma sekä maa- ja metsätalousministeriö. Toiveen männiköiden laadun tutkimisesta esitti hankkeen johtoryhmään kuulunut Risto Lilleberg Metsäliitto Osuuskunnasta, ja laatuharvennuksen mallileimauksessa opasti Vilho Pollari Metsämannt Oy:stä. Tutkimuksen kenttätyöt teki Erkki Salon johtama työryhmä Metsäntutkimuslaitoksesta. Jaakko Heinonen Metsäntutkimuslaitoksesta neuvoi aineiston tilastotieteellisessä käsittelyssä. Kirjoittajat esittävät parhaimmat kiitöksensä kaikille edellä mainituille, kahdelle tutkimusartikkelin esitarkastajalle, samoin kuin muillekin tutkimukseen myötävaikuttaneille henkilöille ja organisaatioille.

Kirjallisuus

- Agestam, E., Ekö, P.-M. & Johansson, U. 1998. Timber quality and volume growth in naturally regenerated and planted Scots pine stands in S.W. Sweden. Swedish University of Agricultural Sciences, Faculty of Forestry. *Studia Forestalia Suecica* 204. 17 s.
- Björheden, R. & Fröding, A. 1986. Ny rutin för praktisk gallringsuppföljning. A new routine for checking the biological quality of thinning in practice. Sveriges Lantbruksuniversitetet, Institutionen för Skogsteknik. *Uppsatser och Resultat* 48. 14 s.
- Dahlin, B. 1980. Slingrande stickvägar i förstagallringar. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för Skogsteknik. *Rapport* 136. 28 s.
- Ensiharvennustyöryhmän muistio. 1988. Maa- ja metsätalousministeriö. Työryhmämuistio MMM 1988:27. 57 s.
- Hakkila, P. 1996. Ensiharvennuspuun hyödyntäminen. *Folia Forestalia – Metsätieteen aikakauskirja* 1996(4): 428–433.
- , Laasasenaho, J. & Oittinen, K. 1972. Korjuuteknisiä oksatietoja. *Folia Forestalia* 147. 15 s.
- , Kalaja, H. & Saranpää, P. 1995. Etelä-Suomen ensiharvennumänniköt kuitu- ja energialähteenä. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 582. 100 s.
- , Saranpää, P., Kalaja, H. & Repola, J. 2002. Suomalainen havukuitupuun – Laadun vaihtelu ja hallinta. *Käsikirjoitus*. Metsäntutkimuslaitos, Vantaan tutkimuskeskus. 90 s.
- Heikurainen, L. 1980. Kuivatuksen tila ja puusto 20 vuotta vanhoilla ojitusalueilla. *Acta Forestalia Fennica* 167. 38 s.
- Huuri, O., Lähde, E. & Huuri, L. 1987. Tiheyden vaikutus nuoren istutusmännikön laatuun ja tuotokseen. *Folia Forestalia* 685. 48 s.
- Hyvän metsänhoidon suositukset. 2001. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. 95 s.
- Isomäki, A. & Niemistö, P. 1990. Ajourien vaikutus puuston kasvuun Etelä-Suomen nuorissa kuusikoissa. *Folia Forestalia* 756. 36 s.
- Jouhiahho, A. & Uusitalo, J. 2001. Ensiharvennumännikön oksaisuuslaatu Pohjois-Karjalan alueella. *Metsätieteellisen tiedekunnan tiedonantoja* 130. Joensuun yliopisto. 39 s.
- Kasvatusmetsien käsittely ja koneellinen korjuu. Metsäliitto Osuuskunta 4/99. 20 s.
- Kellomäki, S. & Väisänen, H. 1986. Kasvatustiheyden ja kasvupaikan hyvyyden vaikutus puiden oksikuuteen taimikko- ja riukuvaiheen männiköissä. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 139. 38 s.
- , Lämsä, P., Oker-Blom, P. & Uusvaara, O. 1992. Männikön laatukasvatus. *Silva Carelica* 23. 133 s.
- Kinnunen, K. 1993. Männikön kylvö ja luontainen uudistaminen Länsi-Suomessa. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 447. 36 s.
- Kärkkäinen, M. 2003. Puutieteen perusteet. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti. 451 s.
- & Uusvaara, O. 1982. Nuorten mäntyjen laatuun vaikuttavia tekijöitä. *Folia Forestalia* 515. 28 s.
- Laasasenaho, J. 1982. Taper curve and volume functions for pine, spruce and birch. *Seloste: Männikön, kuusen ja koivun runkokäyrä- ja tilavuusyhtälöt*. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 108. 74 s.
- Lauhanen, R., Piironen, M.-L. & Ahti, E. 1998. Kunnostusojitusalueiden tila ja kunnostustarve Keski- ja Pohjois-Pohjanmaalla. *Julkaisussa: Meriläinen, A., Piironen, M.-L., Niemistö, P. & Murtovaara, I. (toim.). Metsätalouden kestävyys ojitusalueilla ja puuvarojen hyödyntäminen Pohjanmaalla. Metsäntutkimuspäivä Muhoksella 1998. s. 19–29.*

- Lilleberg, R. 1995. Harvennustapa männikön ensiharvennuksessa. *Metsäteho*, katsaus 3/1995. 7 s.
- Lämsä, P., Kellomäki, S. & Väisänen, H. 1990. Nuorten mäntyjen oksikkuuden riippuvuus puuston rakenteesta ja kasvupaikan viljavuudesta. *Folia Forestalia* 746. 22 s.
- Metsätilastollinen vuosikirja 2002. Metsäntutkimuslaitos. 378 s.
- Mäkelä, A., Mäkinen, H., Vanninen, P., Hynynen, J., Kantola, A. & Mielikäinen, K. 2000. Männiköiden tuotoksen ja laadun ennustaminen. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 794. 89 s.
- Niemistö, P. 1992. Runkolukuun perustuvat harvennuskallit. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 432. 18 s.
- 1994. Männikön ensiharvennus ala-, ylä- tai laatuharvennusta käyttäen. *Folia Forestalia – Metsätieteen aikakauskirja* 1994(1): 19–32.
- Nuutinen, T., Hirvelä, H., Hynynen, J., Härkönen, K., Hökkä, H., Korhonen, K.T. & Salminen, O. 2000. The role of peatlands in Finnish wood production – an analysis based on large-scale forest scenario modeling. *Silva Fennica* 34(2): 131–153.
- Pohjoismainen sahatavara. Mänty- ja kuusisahatavaran lajitteluohjeet. 1994. Suomen Sahateollisuusmiesten yhdistys. 63 s.
- Ranta, E., Rita, H. & Kouki, J. 1994. *Biometria*. Tilastotiedettä ekologeille. Yliopistopaino. Helsinki. 569 s.
- Ruuhijärvi, R. 1988. Suokasvillisuus. Suomen kartasto, vihko 141–143. Maanmittaushallitus. s. 2–6.
- Saksa, M.-L. 2001. Harvennuspuuta puuseppien käyttöön. *Puutekniikka* 3/2001. s. 28–30.
- Salminen, H. & Varmola, M. 1990. Puolukkatyyppin kylvömänniköiden kehitys taimikon myöhäisestä harvennuksesta nuoren metsän ensiharvennukseen. *Folia Forestalia* 752. 29 s.
- Sirén, M., Tantt, V., Mäntynen, E., Aaltio, H. & Siipilehto, J. 2002. Ensiharvennusten korjuuolot. Julkaisus: Sirén, M. (toim.). Ensiharvennusten korjuuolot ja niiden parantamismahdollisuudet. Tekesin osarahoittaman tutkimushankkeen loppuraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 837: 9–19.
- Stöd, R. 2000. Ensiharvennuskuusikoiden ja männiköiden ulkoinen laatu ja pyöreän rakennuspuun kertymä. Metsäteknologian ja puutalouden pro gradu. Joensuun yliopisto. 67 s.
- , Wall, T., Kilpeläinen, H. & Verkasalo, E. 2002. Mänty- ja kuusipuustojen teknillinen laatu turvemilla puutuoteteollisuuden kannalta – nykytila ja tulevaisuuden näkymiä. *Metsätieteen aikakauskirja* 4/2002: 624–633.
- Turkia, K. & Kellomäki, S. 1987. Kasvupaikan viljavuuden ja puuston tiheyden vaikutus nuorten mäntyjen oksien läpimittaan. *Folia Forestalia* 705. 16 s.
- Uusitalo, J. 1994. Sahatavaran laadun ennustaminen mäntytukkiringoista. Helsingin yliopiston metsävarojen käytön laitoksen julkaisuja 3. 53 s.
- 1997. Pre-harvest measurement of pine stands for sawing production planning. *Acta Forestalia Fennica* 259. 56 s.
- Uusvaara, O. 1981. Viljelymänniköiden puun tekninen laatu ja arvo. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 28. 47 s.
- 1991. Havainnot nuorten istutusmänniköiden oksikkuudesta ja puuaineen laadusta. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 377. 56 s.
- Varmola, M. 1980. Männyn istutustaimistojen ulkoinen laatu. *Folia Forestalia* 451. 21 s.
- 1996. Nuorten viljelymänniköiden tuotos ja laatu. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 585. 70 s.
- Vuokila, Y. 1982. Metsien teknisen laadun kehittäminen. *Folia Forestalia* 523. 55 s.
- Wall, T., Fröblom, J., Heikkilä, A., Kilpeläinen, H., Lindblad, J., Song, T., Stöd, R. & Verkasalo, E. 2003. Harvennuskannan hankinnan ja sahauskehittämisen. Wood Wisdom -tutkimusohjelman hankekonsortion loppuraportti. Käsikirjoitus.

45 viitettä