



Jouni Siipilehto



Tapio Huttunen

Jouni Siipilehto ja Tapio Huttunen

Metsikön todellisen iän määrittäminen rinnankorkeusiästä suomalaisissa talousmetsissä. Ikälisäysmalli INKA-aineiston kairauksista

Siipilehto, J. & Huttunen, T. 2015. Metsikön todellisen iän määrittäminen rinnankorkeusiästä suomalaisissa talousmetsissä. Ikälisäysmalli INKA-aineiston kairauksista. *Metsätieteen aikakauskirja* 2/2015: 87–104.

Tässä artikkelissa tarkastellaan metsikön todellista ikää, joka määritetään rinnankorkeusikäen tehdyllä ikälisäyksellä eli rinnankorkeuden saavuttamisen iällä. Yleisesti käytettävä ikälisäys on valtakunnan metsien inventoinnista (VMI) peräisin. Se juontaa juurensa Ilvessalon tutkimuksiin 1900-luvun alkupuolelle, vaikkakin tämä VMI-ikälisäys esitettiin ensimmäisen kerran taulukkomuodossa vasta 1960-luvulla VM15:n yhteydessä. Tässä tutkimuksessa laadittu talousmetsien ikälisäysmalli perustuu 1970–80-luvuilla perustettuihin INKA-kokeisiin. Malli laadittiin 1. ja 4. mittauskerran valtapuiden rinnankorkeus- ja kannonkorkeuskairauksista ja testattiin erilaisilla uudistamisketjuilla perustettujen mänty- ja kuusimetsiköiden riippumattomalla aineistolla. INKA-ikälisäys oli varsin luotettava, etenkin männyllä, josta oli eniten havaintoja ja laajin maantieteellinen vaihtelu. INKA-ikälisäyksen mukaan talousmetsien todellinen ikä on Etelä-Suomessa vuoden ja Lapissa n. 10 vuotta pienempi kuin yleistä VMI-ikälisäystä käytettäessä. Nykyiset talousmetsät kehittyvät nopeammin kuin aikanaan luontaisin menetelmin uudistetut (harsintarakenteiset) metsät, joihin VMI-ikälisäys vanhan aineistonsa vuoksi perustuu. Viljelymetsissä rinnankorkeus saavutettiin noin kolme vuotta aikaisemmin kuin luontaisesti uudistetuissa metsissä.

Asiasanat: ikälisäys, kantoikä, kasvupaikka, rinnankorkeusikä, uudistamismenetelmät
Yhteystiedot Luonnonvarakeskus, Vantaa
Sähköposti Jouni.siipilehto@luke.fi
Hyväksytty 26.3.2015
Saatavana <http://www.luke.fi/aikakauskirja/full/ff15/ff152087.pdf>

I Johdanto

Tässä artikkelissa käsitellään puun ja metsikön *todellista ikää* (*T*), *kantoikä* (*Tk*) ja *rinnan-korkeusikä* (*Trk*) sekä näiden välisiä ikäeroja. *Ikälisäyksellä* tarkoitetaan rinnankorkeusikään tehtävää lisäystä puun tai metsikön todellisen iän määrittämiseksi, eli se on puun rinnankorkeuden (1,3 m) saavuttamisikä. Tällä hetkellä käytetään hyvin yleisesti VMI-ikälisäystaulukkoa. Se perustuu mitä ilmeisimmin Ilvessalon (1965, s. 101) kirjassaan ”Metsän arvioiminen” esitettyihin rinnankorkeusikään tehtäviin keskimääräisiin ikälisäyksiin perustuen metsätyyppeihin, puulajiin ja karkeaan maantieteelliseen jakoon. Kirjassa ei käy ilmi, mistä aineistosta ikälisäykset on saatu. Todennäköisimmin aineistona on ollut Ilvessalon (1920b) väitöskirjan runkokäyrien koepuuaineisto, jonka maastotyöt tehtiin vuosina 1916–1919. Tästä aineistosta laadittiin myös kasvu- ja tuottotaulukot (Ilvessalo 1920a). Aineistoa laajennettiin muutamaan otteeseen pystypuiden kuutioimistaulukoita laadittaessa (Ilvessalo 1947) ja nämä laajennusosat ovat voineet olla mukana ikälisäystä määriteltäessä.

Puun tai metsikön todellisen iän suora määrittäminen voi olla vaikeaa (Seppänen 1979, Yli-Kojola 1985). Tyypillisesti todellinen ikä määritetään laskemalla vuosilustojen määrä puun ytimestä puun pintaan tietyltä korkeudelta (kannonkorkeus tai rinnankorkeus) otetusta näytteestä (kairanlastu tai kiekko) ja tekemällä saatuun ikään tarvittava ikälisäys. Ilvessalon (1937, 1951) valtakunnan metsien toisen ja kolmannen inventoinnin (VMI2 ja VMI3) mittausohjeiden mukaan todellisen iän määrittämiseksi tehdään kairauksia kannonkorkeudelta. Kannonkorkeudella tarkoitetaan kaatoa haittaavan juurenniskan korkeutta. Pystypuiden kuutioimisen yhteydessä kannon dimensioihin kiinnitettiin erityistä huomiota ja sen mukaan keskimääräinen kannonkorkeus oli 10 cm ja se nousi vain muutamia senttejä kannon läpimitan kasvaessa (Ilvessalo 1947). Todelliseen ikään pääsemiseksi tehdään kasvupaikasta riippuva lisäys kannonkorkeudelta määritettyyn ikään, eli kantoikään. Tämä lisäys on kannonkorkeuden saavuttamisikä. Ilvessalon (1937, 1965) mukaan Etelä-Suomessa *kannonkorkeuden saavuttamisikä* on tuoreella kankaalla ja paremmilla 3–6 vuotta, kui-

vahkolla kankaalla 4–8 vuotta ja kuivalla kankaalla 8–10 vuotta. Alarajat vastaavat lähinnä mäntyä ja koivua ja ylärajat kuusta. Ilvessalon (1937, 1965) suosittama ja varsin suurelta vaikuttava lisäys syntypisteestä kannonkorkeudelle johtunee silloisten metsien hitaasta luontaisesta uudistumisesta. Toisinaan todellisen iän sijaan voidaan käyttää *talousikä*ä, jos puu on kasvanut epäsuotuisissa olosuhteissa, kuten alikasvoksena, vahvassa varjostuksessa tai suolla jne. Talousikä on arvio siitä, ”mikä kysymyksessä olevan kokoisen puun ikä olisi, jollei sen kehitystä hidastavaa tekijää olisi ollut vaikuttamassa” (Ilvessalo 1965).

VMI5 maastotyöohjeessa metsikön todellisen iän määrittäminen perustuu rinnankorkeusikään ja ikälisäykseen (ks. Kuusela ja Salminen 1969). Rinnankorkeusikä neuvotaan määrittämään kairauksin keskimäärin 5 koepuusta, jotka valitaan vallitsevasta latvuserroksesta ja metsikön ikä lasketaan puun tilavuudella painottaen. Myöhemmissä ohjeissa puhutaan varttuneiden metsien osalta pohjapinta-alalla painotettujen puiden keski-ikästä, jonka perustana on yleensä useamman kuin yhden puun kairaus rinnankorkeusikä määrittämiseksi (Valtakunnan metsien ... 2006). Kairattaessa ei voi välttää ohikairausta eli kairaus ei aina osu puun ytimeen. Ohikairausarvio puuttuvista vuosista tehdään laboratoriotyönä (esim. Valtakunnan metsien ... 2006). Rinnankorkeusikään tehtävät ikälisäykset on esitetty kasvupaikan ja kasvukauden pituuden mukaan taulukoituna (Kuusela ja Salminen 1969, taulukko 2, s. 29). Tässä VMI5-ikälisäystaulukossa männylle ja koivulle on samat ikälisäykset ja kuuselle on oma taulukko.

Myöhemmissä mittausohjeissa VMI5-ikälisäystaulukkoa on edelleen interpoloitu ja aluksi ikälisäystaulukko esitettiin kunakin vuonna inventoitavalle alueelle, kunnes VMI10 maastotyöohjeesta lähtien lohkoille tehtävät ikälisäykset on taulukoitu koko Suomen osalta (ks. Valtakunnan metsien ... 2006, liite 13 s. 139). Kuusela ja Salminen (1969) eivät käyttäneet ikälisäyksen määrittämiseksi erillistä aineistoa, vaan heidän laatimansa ikälisäystaulukko perustui Ilvessalon (1965) ikälisäysohjeiden pienipiirteisempään ja käyttäjäystävällisempään esitysmuotoon (Sakari Salminen suullisesti). Jäljempänä tästä ikälisäyksestä käytetään nimitystä *VMI-ikälisäys*. Viljelymetsissä todellinen ikä voidaan arvioida perustamistiedoista tai laskemalla ikä

oksakiehkuroista. Jos ikälisäystaulukkoa kuitenkin käytetään, ohjeena on vähentää 2–3 vuotta VMI-ikälisäystaulukon arvosta viljelymetsien iän määrittämiseksi (Kuusela ja Salminen 1969). Viljelymänniköille on laadittu myös erillisiä ikälisäysmalleja (Varmola 1993).

VMI-ikäisyys on käytössä valtakunnan metsien inventoinnin lisäksi myös yksityismetsien, metsähallituksen ja metsäyhtiöiden suunnittelujärjestelmissä (Laamanen ym. 1997, SOLMUn ... 1997, Kuvioittainen ... 1998, Valtakunnan metsien ... 2014). Yleisenä ohjeena on, että keski-iän määrittämiseksi kairataan pohjapinta-alan mediaanipuu rinnankorkeudelta, jos ikä ei ole helposti määritettävissä esim. oksakiehkuroista.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on laatia uudet ikälisäysmallit nykyisiä uudistamismenetelmiä vastaaville suomalaisille talousmetsille. Laadittavalla ikälisäyksellä on kaksi eri sovellusta ja tarkastelutasona – käytännön metsätalous ja aineistopalvelu. Uusi ikälisäysennuste on tarkoitettu yleisesti käytettäväksi nykyisissä talousmetsissä ja toisaalta aineistoon sovitettu ikälisäys on tarkoitettu täydentämään INKA-aineistot uudella talousmetsien todellisella iällä. Malli laaditaan sekamallina pääpuulajin valtapuiden kairanlastuista saaduille kantoajan ja rinnankorkeus- iän erotuksille. Tämän mallin lisäksi esitetään aikaisempiin tutkimuksiin perustuva kannonkorkeuden saavuttamisien arvio. Kannonkorkeuden saavuttamisien ja sekamallin ennusteen summana saadaan rinnankorkeuteen tehtävä ikälisäys metsikön/puun todellisen iän määrittämiseksi. Vertailun vuoksi ikälisäys esitetään vastaavan taulukon muodossa kuin Kuuselan ja Salmisen (1969) VMI-ikäisyys. Laadittuja malleja testataan riippumattomalla testaineistolla.

2 Aineisto ja menetelmät

2.1 Mallin laadinta-aineisto

VMI6- ja VMI7-koelaverkkoon perustettiin pysyviä inventointikoealoja. Kivennäismaiden varttuneissa metsissä nämä olivat ns. INKA-kokeita (Gustavsen ym. 1988). INKA-kokeiden ensimmäisellä mittauskerralla (INKA1) vuosina 1976–1983 puita

kairattiin aluksi koelajien sisältä ja myöhemmin koelajien ulkopuolelta metsikön iän määrittämiseksi. INKA-metsikkökoeala koostuu kolmen ympyräkoelajan rypästä. Rinnankorkeuskairauksia tehtiin kaksi ja kannonkorkeuskairauksia yksi koelajaa kohti ja siten kuusi ja kolme kairausa metsikköä kohti. Mittausohjeita on hieman muutettu ensimmäisten mittauksen kokemusten perusteella. Siitä johtuen ensimmäisessä mittauksessa sekä kannonkorkeus- että rinnankorkeuskairauksia on vain Etelä-Suomen osalta. Sen sijaa näitä aikaisemmissa Muhoksen ja Rovaniemen asemien suorittamisessa perustamismittauksissa on pelkästään rinnankorkeuskairaus. Viimeksi toimitetussa neljännessä mittauksessa (INKA4) vuosina 2000–2004 kairattiin uudet puut. Tällä kertaa kairattavat puut valittiin koelajan sisältä. Tyypillisesti kairattiin neljä rinnankorkeuslastua ja kaksi kannonkorkeuslastua jokaista koelajaa kohti ja siten kyseisiä kairauksia oli 12 ja 6 kpl metsikköä kohti. Mahdollisen ohikairauksen yhteydessä arvioitiin puuttuvien lastojen määrä laboratoriotyönä. Kairatut puut edustivat *pääpuulajin valtapuita*.

INKA1 ja INKA4 aineistojen kairautiedot yhdistettiin mallin laadinta-aineistoksi. INKA1 aineistossa oli 2176 ja INKA4 aineistossa 1029 puuta, jotka oli kairattu sekä rinnan- että kannonkorkeudelta. Aineistosta rajattiin pois puut, joissa ikäero oli nolla tai negatiivinen. Talousikäperiaatteen mukaan oli perusteltua rajata pois myös havainnot, joissa ikäero oli yli 40 vuotta (suurimmillaan 102 vuotta). Nämä olivat yksittäisiä puutason havaintoja, joiden todennäköisin selitys on edellisen puusukupolven alikasvospuiden jättäminen uuden metsikön valta- puiksi. Tämä rajausta poisti yhteensä 33 havaintoa (1 %), joista 18 oli mäntyä, 14 kuusta ja yksi hieskoivu. Rajauksen jälkeen mallin laadintaan jäi 3149 puuta 505 metsiköstä (taulukko 1).

Lehtoja oli aineistossa vain 6 metsikköä. Kuusi oli VT:llä pääpuulajina kerran, mutta koivu ei kertaakaan. Huomionarvoista oli, ettei karukkokankaita (CIT) ollut aineistossa lainkaan. Luontaisesti syntyneitä metsiköitä oli 405, kylvettyjä 54 ja istutettuja 55 (ks. taulukko 1). Metsiköiden rinnankorkeusikä oli perustamismittauksen yhteydessä (1976–1983) keskimäärin 42 vuotta ja vaihteluväli oli 4–134 vuotta. On luonnollista, että ikäero ja varsinkin sen vaihtelu olivat pienempiä viljelymetsissä kuin luontaisesti syntyneissä. Ikäeron keskihajonta oli

männyn kylvössä puolet ja istutuksessa kolmasosa luontaiseen uudistamiseen verrattuna (taulukko 2). Kuusen istutuksessa vastaava hajonta oli noin puolet luontaiseen uudistamiseen verrattuna, mutta koivulla luontaisten ja istutettujen metsiköiden välillä hajonnan ero oli melko pieni. Aineiston 104 koivusta 72 oli raudus- ja 32 hieskoivua.

2.2 Testiaineisto

Tutkimuksen testiaineisto on kerätty Metsätutkimuslaitoksen ”Taimikonhoidon menetelmien kehittäminen”-hankkeessa kasvumallien testaus- ja kalibrointiaineistoksi vuosina 2007 ja 2008. Testiaineisto käsitti 68 männyn ja 19 kuusen taimikkoa. Otos poimittiin satunnaisesti yhteistyökumppaneilta saadusta perusjoukosta, 2–8 m valtapituusvaiheen uudistusaloilta, ositettuna taimikon uudistamismenetelmän, kehitysvaiheen, kasvupaikan ja muok-

Taulukko 1. Havaintojen määrät aineistossa: kairatut puut/metsiköt pääpuulajin ja kangasmaiden kasvupaikan mukaan.

Kasvupaikka	Mänty	Kuusi	Koivu	Yhteensä
Lehto	7/1	23/4	4/1	34/6
Lehtomainen	66/8	484/67	79/15	629/90
Tuore	555/87	585/89	21/4	1161/180
Kuivahko	1100/185	9/1		1109/186
Kuiva	216/43			216/43
Yhteensä	1944/324	1101/161	104/20	3149/505

kausmenetelmän mukaan. Uudistusaloja otoksesa edusti männyn mustikkatyypin (MT 31 kpl) ja puolukkatyypin (VT 37 kpl) kasvupaikat ja kuusen käenkaali-mustikkatyypin (OMT 4 kpl) ja MT (15 kpl) kasvupaikat. Lähes samankokoiset otokset poimittiin sekä Etelä-Suomesta, Pohjois-Pohjanmaan ja Kainuun alueelta sekä Lapista. Lapista on mitattu vain männyn uudistusaloja. Uudistamismenetelmänä oli männyllä käytetty luontaista, kylvöä ja istutusta. Kaikki kuusen taimikot olivat istutettuja. Männiköistä 29 kpl oli äestetty ja saman verran oli aurattuja uudistusaloja. Muokkaamattomia uudistusaloja oli vain kolme männyntaimikkoa, laikutusta oli käytetty neljässä ja mätästystä kahdessa männyntaimikossa. Kuusikoissa mätästys oli vallitseva menetelmä (9 kpl). Äestettyjä ja aurattuja kuusen uudistusaloja oli molempia 3 kpl, laikutuksia oli 2 kpl ja muokkaamattomia ei ollut lainkaan. Auraukset sijoituivat pääasiassa Lappiin (23 kpl), mutta osittain myös Pohjois-Pohjanmaalle ja Kainuuseen. Männyn uudistusaloilla oli käytetty kulotusta viidesä Lapin kohteessa, joista neljässä se oli yhdistetty äestykseen. Taimikonhoidon taso vaihteli metsiköiden välillä, mutta yleisesti ottaen vesakon määrä oli huomattava – keskimäärin noin 5000 lehtipuuta/vesaryhmää hehtaarilla (ks. Siipilehto ym. 2015).

Taimikot inventoitiin systemaattisella koealaotannalla sijoittamalla taimikkoon 15 kpl 20 m²:n ympärökoealaa. Yksi subjektiivisesti valittu, taimikkoa hyvin edustava koeala mitattiin ns. intensiivikoealana. Intensiivikoealalta valittiin koepuiksi 6 pääpuulajin puuta, 2 sivuhavupuulajin puuta, 3 koivua ja 2

Taulukko 2. Puulajeittain lämpösummat (LS) ja ikätunnukset (T_k = kantoikä ja Tr_k = rinnankorkeusikä ja $ikäero = T_k - Tr_k$) keskiarvona ja vaihteluvälinä. Lisäksi $ikäeron$ keskiarvot (suluissa keskihajonnat) ja havaintojen määrät (n) metsikön puulajin ja syntyvän mukaan.

Muuttuja	Mänty	n=1944		Kuusi	n=1101		Koivu	n=104	
	Ka.	Min.	Maks.	Ka.	Min.	Maks.	Ka.	Min.	Maks.
LS	1111	674	1348	1178	746	1356	1179	956	1355
T_k	54,2	8	216	61,2	9	207	48,1	9	117
Tr_k	47,0	5	211	51,2	4	176	43,0	5	109
$ikäero$	7,3	1	39	9,9	1	37	5,0	1	16
$ikäero$	Ka	Hajonta	n	Ka	Hajonta	n	Ka	Hajonta	n
Luontainen	8,3	(6,2)	1331	10,7	(6,7)	869	5,1	(3,6)	78
Kylvö	5,2	(2,8)	454						
Istutus	4,6	(2,2)	159	7,0	(3,0)	232	4,8	(2,1)	26

Taulukko 3. Taimikoiden ja taimien tunnuksia (ks. taulukko 2): keskiarvo, minimi ja maksimi (tai hajonta) testiaineistossa.

Muuttuja Maks.	Mänty	n=140		Kuusi	n=45		Koivu	n=63	
		Ka.	Min.	Maks.	Ka.	Min.	Maks.	Ka.	Min.
LS	939	684	1238	1043	719	1235	1019	686	1238
<i>Tk</i>	16,2	7	31	17,3	11	24	16,8	6	37
<i>Trk</i>	7,0	1	22	8,3	4	17	11,3	2	22
<i>Ikäero</i>	7,0	4	15	9,0	5	26	5,6	2	17
Lehtipuuta	1180	0	5700	2159	0	7900	2335	67	7900
<i>Ikäero</i>	Ka	Hajonta	n	Ka	Hajonta	n	Ka	Hajonta	n
Luontainen	7,7	(2,7)	36	12,7	(6,7)	7	5,6	(2,9)	63
Kylvö	6,5	(1,7)	52						
Istutus	6,9	(1,8)	52	8,3	(1,9)	38			

haapaa tai leppää, jos niitä oli taimikossa. Koepuut valittiin systemaattisesti pituusjakaumasta, jotta puita saatiin tasaisesti eri kokoluokista. Koepuiden tuli olla terveitä. Myös yksi vesapuu voitiin valita koepuuksi. Edellisestä koepuujoukosta valittiin kaatokoepuut arpomalla. Intensiivikoealalta kaadettiin 2 pääpuulajin puuta, 1 sivuhavupuulajin puu, 2 koivua ja mahdollisesti 1 haapa tai leppä. Kaatokoepuista otettiin kiekkonäytteet kannonkorkeudelta ja rinnankorkeudelta.

Testiaineiston ja mallin laadinta-aineiston välillä oli joitakin olennaisia eroja. Testiaineistossa ei ollut kairauksesta johtuvaa ohikairausongelmaa. Toisaalta kaadetut koepuut eivät olleet varsinaisesti taimikon valtapuita vaan arvottu koepuista, jotka edustivat terveitä puita koko pituusjakaumasta. Testiaineiston koivut ja luontaiset kuuset edustivat sekapuustoa, kun ne mallin laadinta-aineistossa edustivat pääpuulajia. Testiaineiston metsiköt oli perustettu vuosina 1974–2002, kun mallin laadinta-aineiston metsiköt oli perustettu noin vuosina 1810–1975. Siten testiaineisto edusti nykyaikaisilla metsänuudistamismenetelmillä perustettuja metsiköitä.

Testiaineistosta on rajattu pois vesasyntyiset lehtipuut, koska ikäeron mallinnus ei koskenut niitä. Testiaineistosta rajattiin pois myös edellisen puusukupolven puita, joissa rinnankorkeuden saavuttaminen oli vienyt poikkeuksellisen kauan (2 kuusta). Luontaisen kuusen 7 havaintoa ovat sivuhavupuulajista männyntaimikoissa (taulukko 3). Koivuista 52 oli hieskoivua ja 11 rauduskoivua. Kuten laadinta-aineistossa, myös testiaineistossa näkyy ikäeron hajonnan pieneneminen, kun siirrytään luontaisista

metsiköistä viljellen perustettuihin (taulukko 3). Ikäeron hajonnat olivat testiaineistossa keskimäärin pienempiä kuin mallin laadinta-aineistossa. Vain luontaisen kuusen osalta hajonta oli yhtä suuri molemmissa aineistoissa.

2.3 Ikäeron malli

Kannonkorkeusiän eli kantoian (*Tk*) ja rinnankorkeusiän (*Trk*) erotukselle laadittiin puutason lineaarinen sekamalli. Tälle erotukselle annettiin termi *ikäero* ja sille symboli ΔT . *Ikäero* muuttujan potentiaalisia selittäviä tekijöitä olivat metsikön pääpuulaji, lämpösumma, uudistamismenetelmä, kasvupaikkaluokat sekä kasvupaikan lisämääreet (kivinen, soistunut, kuntainen) ja maanmuokausmenetelmät. Kaikille puulajeille tehtiin yhteinen malli, jossa mänty oli perustaso ja kuusi ja koivu olivat ns. dummy-muuttujia (esim. Kuusi = 1, kun metsikön pääpuulaji on kuusi, muulloin Kuusi = 0). Kasvupaikan perustasoksi valittiin tuore kangas, joka on sopiva kasvupaikka sekä männylle, kuuselle että koivulle. Uudistamismenetelmän perustaso oli luontainen uudistaminen ja kylvö sekä istutus olivat dummy-muuttujia.

Kairaushavaintojen tarkkuus vaihteli ohikairauksen suhteen. Koska ohikairauksesta aiheutui epävarmuutta todelliseen ikään, laadittiin painofunktioita, jotka painottivat tarkkoja kairauksia. Tarkkuutta kuvattiin yksittäisen puun rinnan- ja kannonkorkeuden ohikairausarvioiden summana. Summa 0 tarkoittaa, että sekä kannon- että rinnankorkeuskairaus on

osunut ytimeen. Ohikairaussumma jakaantui lämpösunnan mukaan melko tasaisesti, eikä esim. hitaampi kasvu Lapissa näyttänyt lisäävän ohikairaussumman määrää (kuva 1). Tasoituskäyrän mukaan ohikairaussumma oli suurimmillaan Etelä-Suomessa lämpösunnan ollessa noin 1300 °Cvrk.

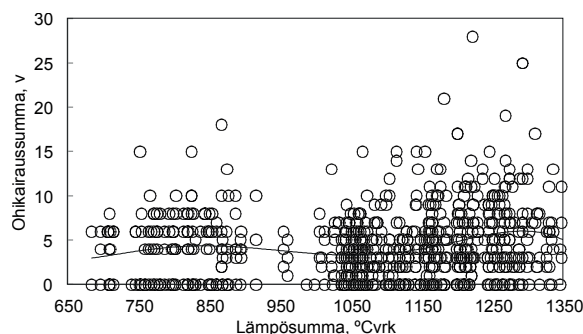
Perusmallissa jokaisen havainnon paino on 1, eli Malli1 on painottoman regressiomalli. Kun estimoitin Malli2, niin painofunktio oli muotoa: $\text{Paino2} = 4 / (\text{ohikairaussumma} + 1)$. Estimoidessa Malli3 painofunktio oli edellisen neliöjuuri: $\text{Paino3} = \sqrt{\text{Paino2}}$. Siten puun ytimeen osuneilla kairauksilla Paino2 on 4 ja Paino3 on 2. Molemmilla painokertoimilla paino on yksi, kun ohikairaussumma on kolme. Suurin havaittu ohikairaussumma oli 28, jolloin $\text{Paino2} = 0,14$ ja $\text{Paino3} = 0,37$. Ohikairaussumman ja mallitettavan ikäeron välillä ei havaittu korrelaatiota. Molempia painofunktioita käytettäessä painon keskiarvo oli likimain yksi, jolloin mallien väliset virhetermit ovat vertailukelpoisia keskenään. Painottoman ja painotettujen mallien erot kuvasivat mallin herkkyyttä havaintojen tarkkuuden suhteen.

Ikäeron (ΔT) malli oli muotoa:

$$\Delta T = a + b \text{LS} + c_i \text{UM}_i + d_j \text{PL}_j + e_k \text{KP}_k + u + \varepsilon \quad (1)$$

jossa $\Delta T = \text{ikäero}$ eli kairatun puun kantoikä – rinnankorkeusikä (vuotta); LS on lämpösunnan (°Cvrk) laskettuna vertailukauden 1941–1970 vuorokautisista keskilämpötiloista 5 °C kynnyksellä; UM_i on metsikön uudistamismenetelmän (i) dummy-muuttuja; PL_j on pääpuulajin (j) dummy-muuttuja; KP_k on kasvupaikan (k) ja mahdollisen lisämäärän, kuten kivisyys, soistuneisuus tai kunnaisuus dummy-muuttuja; a, b, c, d ja e ovat estimoitavia parametreja; u on metsikkötason satunnaistekijä ja ε puutason jäännösvirhe.

Myös maanmuokkausmenetelmää kokeiltiin selittäjänä mallissa (1), mutta se ei ollut tilastollisesti merkitsevä. *Ikäero* ei ollut normaalijakautunut, vaan suurista ikäeroista syntyi jakaumaan pitkä häntä oikealle, etenkin luontaisesti syntyneille metsiköille. Vinoutta olisi voinut korjata neliöjuuri- tai logaritimuunnoksilla. Jakauman vinouden merkitys on melko vähäinen varsinkin, kun ennusteet pyöristetään sovellettaessa täysiksi vuosiksi. Sen sijaan mal-



Kuva 1. Rinnankorkeuden ja kannonkorkeuden ohikairausarvioiden summa lämpösunnan suhteen. Neljännen asteen polynomitasoitus kuvaa trendejä lämpösunnan suhteen.

lin tulkinnan kannalta muuntamaton *ikäero* selitettävänä muuttujana on yliverlainen, koska estimoitu parametri kertoo suoraan muuttujan vaikutuksen ikäeroon vuosina. Malli sovitettiin SAS-ohjelmiston Mixed-proseduurilla (SAS OnlineDoc).

Tämän lisäksi tarvittiin apumalli puun syntypisteestä kannonkorkeudelle (10 cm) kuluneesta ajasta vuosina, joka on kannonkorkeuden saavuttamisikä. Tämä arvioitiin olemassa olevien pituuskehitysmallien avulla. Hyppösen ym. (2002) keskipituusmallia käytettiin männylle Lapissa ($\text{LS} \leq 1050$ °Cvrk) ja Siipilehdon (2011) keskipituusmallia Etelä-Suomessa ($\text{LS} > 1050$ °Cvrk). Kuusen arvio saatiin julkaisemattomalla keskipituusmallilla, joka on samaa mallisukupolvea kuin Siipilehdon (2011) männyn puustotunnusmallit. Lopullinen *INKA*-ikäisyys oli *ikäeron* ja kannonkorkeuden saavuttamisien summa. Ikäisyys tehdään siis rinnankorkeusikäen (*Trk*) metsikön todellisen iän (*T*) määrittämiseksi.

3 Tulokset

3.1 Ikäeromallit

Ikäeron (ΔT) sekamallin selittävät tunnuksat ja niiden estimaatit olivat sekä loogisia että tilastollisesti erittäin merkitseviä ($p < 0,005$), lukuun ottamatta $\text{OMT}+$ ja $\text{Kuusi} \times \text{VT}$ muuttujia ($p < 0,1$) (taulukko 4). Tuoreen kankaan (*MT*) perustaso paremmilla kas-

Taulukko 4. Vaihtoehtoisten mallien estimoidut parametrit (keskivirheinen) valtapuun *ikäerolle* eli kantoian ja rinnankorkeusiän erotukselle. Malli1 on painottomaton, Malli2 painofunktion Paino2 mukaan estimoitu ja Malli3 painofunktion Paino3 mukaan estimoitu. LS on lämpösomma, OMT+ on lehto tai lehtomainen kangas, VT on kuivahko kangas ja CT on kuiva kangas, V(u) on satunnaisen metsikkötekijän varianssi ja V(e) on jäännösvarianssi.

Selittäjä	Malli1 Estim. (Keskiv.)	Malli2 (Paino2) Estim. (Keskiv.)	Malli3 (Paino3) Estim. (Keskiv.)
Vakio	11,94 (1,38)	13,67 (1,46)	12,76 (1,40)
LS/1000	-4,50 (1,20)	-6,12 (1,27)	-5,25 (1,22)
Istutus	-3,24 (0,55)	-3,41 (0,56)	-3,31 (0,55)
Kylvo	-2,87 (0,56)	-3,18 (0,58)	-3,02 (0,56)
Kuusi	4,47 (0,47)	4,73 (0,49)	4,60 (0,48)
OMT+	-0,95 (0,50)	-0,91 (0,52)	-0,94 (0,50)
VT	1,44 (0,47)	1,90 (0,49)	1,66 (0,47)
CT	2,85 (0,73)	3,22 (0,76)	3,06 (0,73)
Soistunut	2,21 (0,73)	2,37 (0,77)	2,30 (0,74)
Kuusi×VT	6,36 (3,57)	5,61 (3,66)	6,32 (3,57)
V(u)	10,08	11,11	10,19
V(e)	20,74	20,38	20,23
RMSE*	5,6	5,6	5,5

*RMSE = $\sqrt{[v(u)+v(e)]}$

Taulukko 5. Luontaisesti syntyneiden metsiköiden *ikäero* eli kantoian ja rinnankorkeusiän erotus vuosina: Malli1/Malli2/Malli3. (Toisistaan poikkeavat vuodet vahvennettu).

	LS	OMT	MT	VT	CT
Mänty	1350	5/5/5	6/5/6	7/7/7	9/9/9
ja lehtipuu	1250	5/5/5	6/6/6	8/8/8	9/9/9
	1150	6/6/6	7/7/7	8/9/8	10/10/10
	1050	6/6/6	7/7/7	9/9/9	10/10/10
	950	7/7/7	8/8/8	9/10/9	11/11/11
	850	7/8/7	8/8/8	10/10/10	11/12/11
	750	8/8/8	9/9/9	10/11/10	12/12/12
Kuusi	1350	9/9/9	10/10/10	17/18/18	
	1250	10/10/10	11/11/11	17/18/19	
	1150	10/10/10	11/11/11	18/19/19	
	1050	11/11/11	12/12/12	18/19/20	
	950	11/12/11	12/12/12	19/20/20	
	850	12/12/12	13/13/13	19/21/21	
	750	12/13/12	13/14/13	19/21/21	

vupaikolla (OMT+) *ikäero* pieneni ja huonommilla kasvupaikoilla (VT ja CT) suureni. Mallin mukaan istutus- ja kylvömetsissä *ikäero* oli pyöreästi 3 vuotta pienempi kuin perustason luontaisesti syntyneissä metsiköissä. Estimoitujen mallien keskineliövirheen neliöjuuri (RMSE) vaihteli 5,5–5,6 vuotta.

Taulukkoon 5 on laskettu eri lämpösomma-alueille

kannon- ja rinnankorkeuden *ikäero* (ΔT) luontaisesti syntyneille metsiköille. Havaintojen painotus vaikutti selvimmin mallin vakioon sekä lämpösomman että kuivahkon kankaan (VT) estimoituun parametriin (ks. taulukko 4). Vaikka parametrien väliset erot näyttävät melko suurilta mallien välillä, niin tasavuosiksi pyöristetyt *ikäerot* olivat pääosin samoja.

Tarkkojen havaintojen voimakas painotus (Malli2) tuotti voimakkaimman lämpösummavasteen ja samalla pienimmän *ikäeron* ennusteen eteläisimmän Suomen MT männyllä (5 vs 6 v) ja suurimman *ikäeron* Pohjois-Suomessa, kuten OMT (8 vs 7), VT (11 vs 10) ja CT männikössä (12 vs 11) sekä pohjoisen Lapin kuuselle. Malli1 tuotti puolestaan pienimmät *ikäerot* huonojen kasvupaikkojen kuusikoille. Muilta osin Malli1 ja lievästi painotettu Malli3 tuottivat saman *ikäeron* tasavuosiksi pyöristettynä. Kaiken kaikkiaan painotuksen merkitys oli melko vähäinen.

3.2 kannonkorkeuden saavuttamisikä

Kannonkorkeuden saavuttamisikä poimittiin pituuskehitysmalleista keskipituuden ylittäessä 10 cm (taulukko 6). Hyppösen ym. (2002) pituusmallin mukaan mänty ylitti 10 cm rajan 2–3 vuodessa lämpösumman ollessa 1050 °Cvrk ja 3–4 vuodessa lämpösummalla 750 °Cvrk MT–CT-kankaiden luontaisen uudistamisen aloilla. Etelä-Suomessa mänty (Siipilehto 2011) ja kuusi saavuttivat kannonkorkeuden keskimäärin samassa ajassa (taulukko 6). Viljelymetsien oletetaan saavuttavan kannonkorkeuden nopeammin kuin luontaisesti syntyneiden metsiköiden. Siten oletettiin, että kylvömetsikoille taulukon 6 arvoista voidaan vähentää yksi vuosi. Nykyisissä istutusmetsikoissa ei tätä lisäystä tarvita lainkaan, vaan istutustaimet ovat jo 1-vuotisia yli 10 cm pituisia (esim. Luoranen ja Kiljunen 2006, Taimitapio). Siten kantoikä on samalla istutustaimen todellinen ikä.

3.3 Mallien validointi

3.3.1 Luotettavuus laadinta-aineistossa

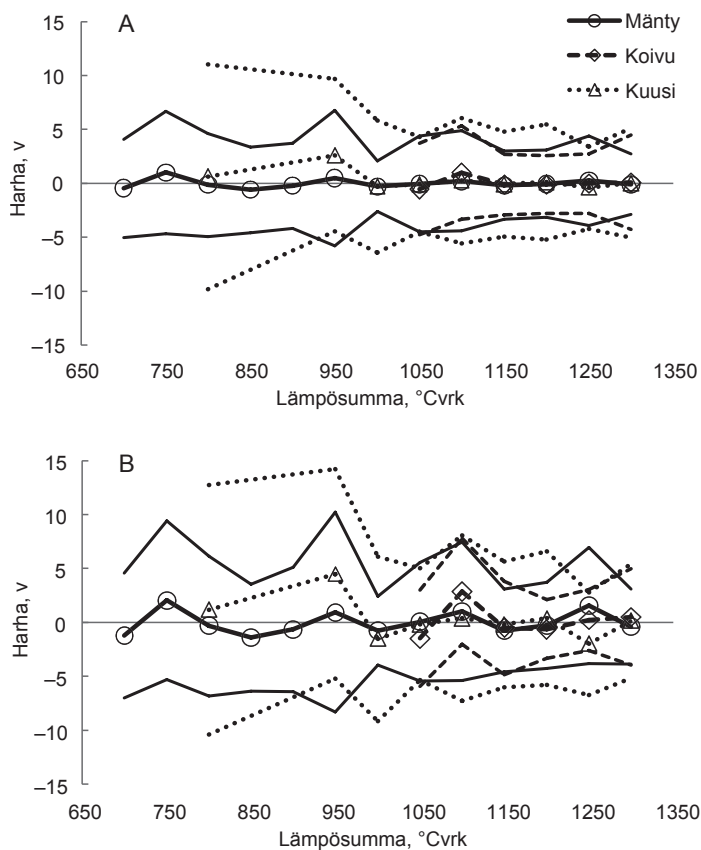
Painottamatonta perusmallia (Malli1) tarkasteltiin lähemmin *ikäeron* (ΔT) ennustevirheiden ja lopullisen *INKA-ikälisäyksen* osalta. Residuaalit laskettiin ΔT :n ennusteista siten, että estimoitu metsikkö satunnaistekijä oli mukana mallin vakiossa (kuva 2A) ja vaihtoehtoisesti mallin kiinteän osan mukaan (kuva 2B). Residuaaleista laskettiin keskimääräisiä tunnuksia (keskiarvo eli harha, ja virheiden keskihajonta) lämpösumma-alueittain.

Taulukko 6. Pituuskehitysmallien avulla arvioitu kannonkorkeuden saavuttamisikä eli todellisen iän määrittämiseksi tehtävä lisäys luontaisesti syntyneiden metsiköiden kantoikään.

	LS	OMT	MT	VT	CT
Mänty	1350	2	2	3	3
ja lehtipuu	1250	2	2	3	3
	1150	2	2	3	3
	1050	2	2	3	3
	950	3	3	3	3
	850	3	3	3	4
	750	3	3	4	5
Kuusi	1350	2	2	3	
	1250	2	2	3	
	1150	2	2	3	
	1050	2	3	3	
	950	3	3	4	
	850	3	3	4	
	750	3	4	5	

Ikäeron (ΔT) malli oli harhaton koko lämpösumman vaihtelualueella kaikilla puulajeilla (kuva 2A). Pohjoisimman Suomen kuusen ja etenkin koivun osalta mallin tarkkuuden tulkinta jäi hieman epävarmaksi. Havaintoja oli vähän ja vaikka lämpösumma-alueella 925–975 °Cvrk mallin aliarvio kuuselle oli peräti 2,6 vuotta (8 metsikköä) niin pohjoisempana aliarvio oli vain 0,6 vuotta (12 metsikköä). Kuusella *ikäeron* virhevaihtelun hajonta kasvoi selvästi, kun lämpösumma pieneni. Tämä residuaalikuva kertoo lähinnä uuden todellisen iän arvion luotettavuudesta INKA-aineistossa.

Käytännössä *ikäeron* mallia joudutaan sovelta-amaan kiinteän osan mukaisesti. Malli1:n kiinteän osan avulla ennustetussa ikäerossa ei myöskään ollut havaittavissa harhan trendejä lämpösumman suhteen, mutta ennusteen tarkkuus oli ymmärrettävästi heikompi kuin satunnaista metsikkötekijää käytettäessä (kuva 2B). Kuvan 2A harhan lievä polveilu korostui mallin kiinteää osaa tarkasteltaessa kuvassa 2B. Esimerkiksi edellä mainittu kuusen *ikäeron* 2,6 vuoden aliarvio muuttui 4,5 vuodeksi kiinteän osan ennusteena. Pääpuulajeittain lämpösumman minimiarvot aineistossa olivat 674 männyllä, 746 kuusella, 1064 rauduskoivulla ja 925 hieskoivulla.



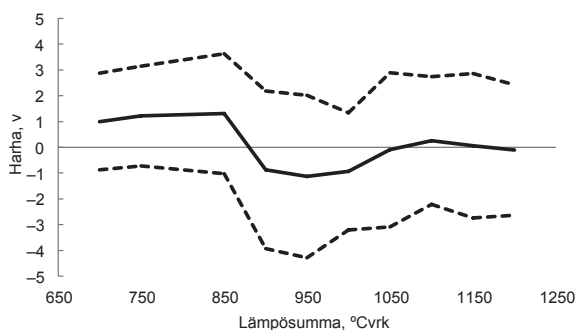
Kuva 2. Kantoian ja rinnankorkeusiän erotuksen, ikäeron (ΔT) harha lämpösunnan suhteen männyllä, kuusella ja koivulla (Malli I). Kuva 2A: ennusteessa on mukana sattunainen metsikkötekijä, joten kuva edustaa mallin tarkkuutta INKA-aineistossa. Kuva 2B: ennuste on mallin kiinteän osan mukainen, joten kuva edustaa mallin yleistä soveltamista laadinta-aineistossa. Katkoviivat edustavat harhaa \pm keskihajontaa.

3.3.2 Luotettavuus lämpösunnan suhteen testiaineistossa

Malli I:n kiinteän osan mukaista ikäeron (ΔT) ennustetta tarkasteltiin riippumattomassa testiaineistossa lämpösunnan suhteen. Koko aineistosta lasketussa harhassa (kaikki puulajit yhdessä) ei ollut havaittavissa selvää trendiä vaan Etelä-Suomessa ikäero oli harhaton, Pohjois-Pohjanmaan ja Kainuun alueella lievä yliarvio ja Lapissa lievä aliarvio (kuva 3). Puulajeittain harhat erosivat toisistaan (kuva 4). Etelä-Suomessa ja Lapissa Malli I aliarvioi männyllä ikäeroa noin 0,5–1,5 vuotta, kun taas Pohjois-Pohjanmaan ja Kainuun alueella malli oli harhaton. Kuusella eteläisimmät havainnot olivat lieviä yliarvioita (–0,7 vuotta), sitten harha hyppäsi 1,8 vuoden aliarvioksi luokassa 1150 °Cvrk, josta alkoi lämpösunnan laskiessa harhan laskeva trendi kunnes Lapissa ($LS < 875$ °Cvrk) harha hyppäsi edellisen

luokan 1,7 vuoden yliarviosta 3,7 vuoden aliarvioksi (kuva 5). Viimeisessä luokassa ($LS < 875$ °Cvrk) ikäeron hajonta oli suurin. Luokassa oli 3 havaintoa, jotka olivat 10, 14 ja 26 vuotta, kun vastaava ennuste oli 13 vuotta. Ilman poikkeuksellisen suurta 26 vuoden ikäeroa ennuste olisi ollut vuoden yliarvio.

Testiaineiston koivulla ikäero oli selvästi pienempi kuin männyllä ja siksi ennuste tuotti 0,7–3,8 vuoden yliarvion (kuva 4). Koivun tulos oli yllättävä, koska koivut olivat sekapuun asemassa kaikissa taimikoissa. Lisäksi 70 % koivuista oli hieskoivua. Osa yliarviosta on voinut johtua väärästä tulkinnasta koivun syntyavasta siten, että siemensyntyisiksi arvioiduista koivuista osa on voinut olla nopeakasvuista vesoja. Päätelmää tukee se, että testiaineistosta pois rajattujen vesojen keskimääräinen ikäero (6,2 v) ja sen vaihteluväli (1–16 v) olivat käytännössä lähes samat kuin siemensyntyisiksi määritellyillä koivuilla (ks. taulukko 3).

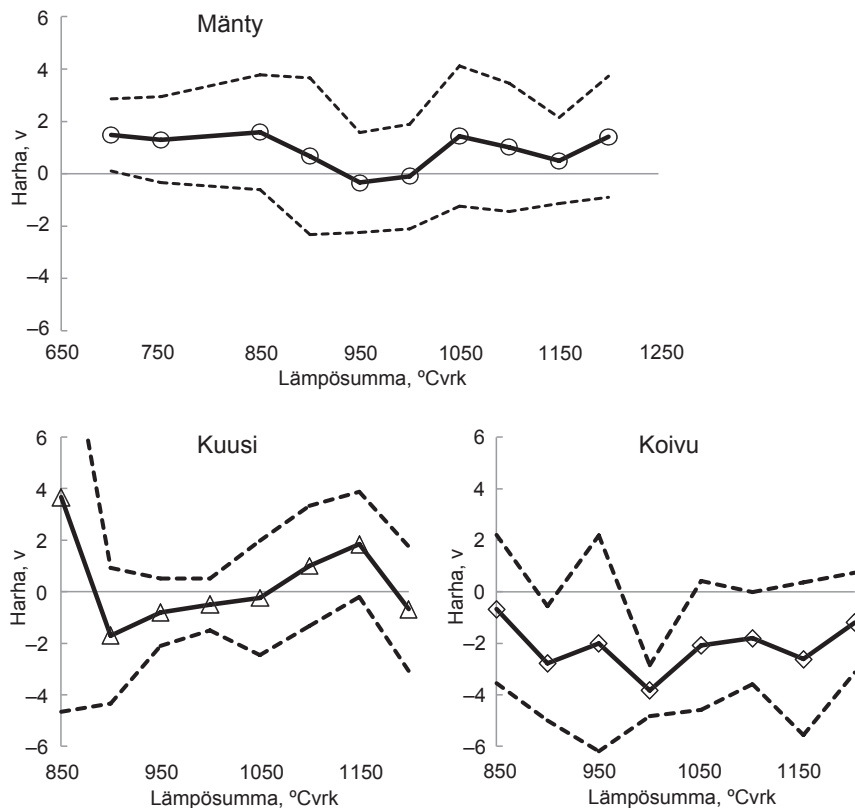


Kuva 3. *Ikäeron* (ΔT) ennusteen harha koko testiaineistossa. Katkoviiva edustaa harhaa \pm keskihajontaa.

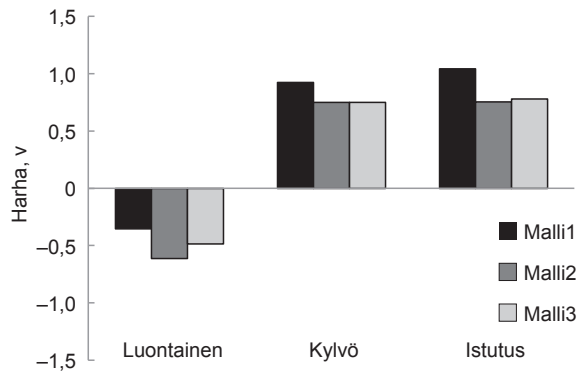
Männyn ja kuusen harhan murtoviivat polveilivat nollan molemmin puolin, eikä harha ollut tilastollisesti merkitsevää (kuva 4). Se olisi merkitsevää vasta, kun $\pm 2 \times$ keskihajonnan rajoittama alue ei jakautuisi nollan molemmin puolin. Koivulla 3,8 vuoden yliarvio lämpösomma-alueella 975–1025 oli tämän mukaan tilastollisesti merkitsevää (kuva 4). Havaintoja kyseisessä luokassa oli vain 6 kpl kolmesta eri metsiköstä ja hajonta kyseisten havaintojen välillä oli poikkeuksellisen pieni.

3.3.3 Luotettavuus uudistamismenetelmän ja kasvupaikan suhteen

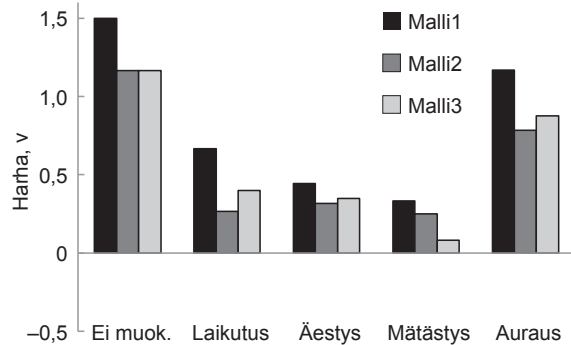
Harhaa tarkasteltiin lisäksi uudistamismenetelmän mukaan metsikön pääpuulajeilla, 135 männyllä ja 38 kuusella. *Ikäeron* malleista painottamaton Malli1 ja lievästi painotettu Malli3 tuottivat tarkemman arvion



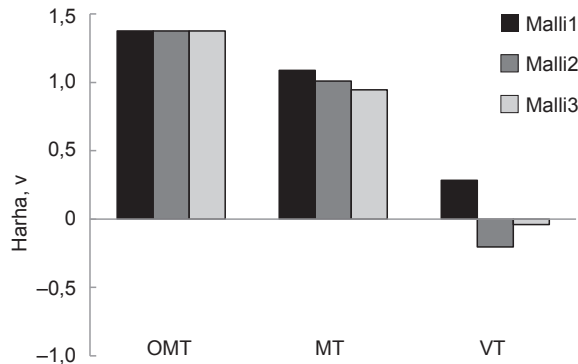
Kuva 4. *Ikäeron* (ΔT) ennusteen harha testiaineistossa puulajeittain lämpösomman mukaan (Malli I). Katkoviivat edustavat harhaa \pm keskihajontaa.



Kuva 5. *Ikäeron* (ΔT) ennusteen harha metsikön uudistamismenetelmän mukaan testiaineistossa. Laskelmassa on mukana metsikön pääpuulajin (mänty tai kuusi) 173 havaintoa. Pääpuulaji kuusi oli aina istutettu.



Kuva 7. *Ikäeron* (ΔT) ennusteen harha eri muokkausmenetelmillä testiaineiston pääpuulajilla. HUOM! Mätästys oli pääasiassa kuusen istutuksessa käytetty menetelmä ja aurausta ei käytetty Etelä-Suomessa.



Kuva 6. *Ikäeron* (ΔT) ennusteen harha kasvupaikoittain testiaineiston pääpuulajilla (OMT kuusikot, MT männiköt ja kuusikot sekä VT männiköt).

kuin Malli2 testiaineiston luontaisesti uudistettujen metsien osalta (14 metsikköä). Tässä tapauksessa Malli1 oli paras tuottaen vain 0,35 vuoden yliarvion (kuva 5). Viljelymetsissä Malli2 ja Malli3 olivat tasavertaisia keskenään ja ne tuottivat hieman tarkemman keskimääräisen *ikäeron* ennusteen (0,75 vuoden harha) kuin Malli1 (0,9–1,0 vuoden harha). Tulos merkitsi sitä, että testiaineistossa ei metsikön uudistamismenetelmällä ollut yhtä suurta vaikutusta pituuden alkukehitykseen kuin mallin laadinta-aineistossa. Esimerkiksi testiaineiston männyllä keskimääräinen *ikäero* oli 7,6 vuotta luontaisesti uudistetussa, 6,5 vuotta kylvö- ja 6,9 vuotta istutusmänniköissä.

Ikäeron ennusteen luotettavuudessa oli kasvupaikkojen välisiä eroja (kuva 6). Testiaineiston lehtomaiset (OMT) istutuskuusikot olivat vaatineet 1,4 vuotta pidemmän ajan kannonkorkeudelta rinnankorkeudelle kuin mallit ennustivat. Tuoreen kankaan männyn- ja kuusentaimikoissa harha oli pienempi, 0,9–1,1 vuotta ja kuivahkon kankaan männyntaimikoissa mallien 1–3 virhe oli hyvin pieni, 0,2 vuoden yliarviosta 0,3 vuoden aliarvioon. Sekä MT-, että VT-kankaalla lievästi painotettu Malli3 tuotti keskimäärin parhaan tuloksen.

3.3.4 Luotettavuus muokkausmenetelmän suhteen

Nykyisissä metsänuudistamisketjuissa erilaiset muokkaukset ovat pääsääntöisesti käytössä. Tässä tarkastellaan vain taimikon pääpuulajin kehitystä, koska muokkauksella pyritään edistämään juuri sen kehitystä. *Ikäeron* ennusteissa oli nähtävissä tiettyjä muokkausmenetelmiin liittyviä virhelähteitä. Muokkaamattomien alojen keskimääräinen *ikäero* oli testiaineistossa 9,8 vuotta, kun se vaihtoehdoilla malleilla 1–3 oli 8,3–8,7 vuotta, josta syntyi suurimmat 1,5–1,2 vuoden aliarviot (kuva 7). Myös Pohjois-Suomen aurasaloilla mallit 1–3 aliarvioivat *ikäeroa* selvästi (0,8–1,2 vuotta). Pintamuokatuilla aloilla aliarvio oli suurempi kuin mätästysaloilla. Muistutettakoon, että mätästykset olivat pääsääntöisesti kuusen uudistusaloja (kuusella 20 havaintoa ja

männnyllä 4 havaintoa). Muokkausmenetelmän mukaan arvioiden Malli2 tuotti keskimäärin pienimmät harhat.

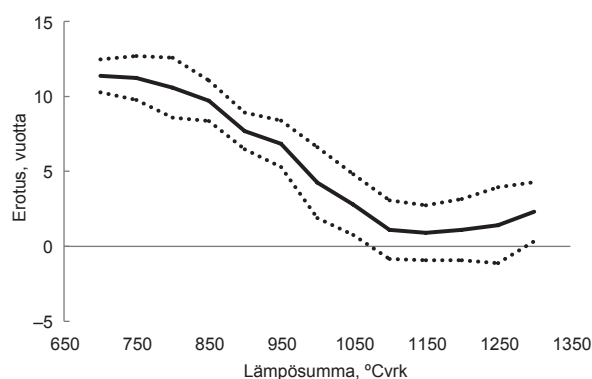
3.3.5 Keskimääräinen ero VMI-ikäisyyteen

INKA-ikäisyydet saatiin lisäämällä arvioitu kannonkorkeuden saavuttamiseksi *ikäeron* ΔT ennusteseen. Metsikön todellinen ikä arvioitiin keskimääräiseen rinnankorkeusikään tehdyllä ikäisyyksellä. Metsikön todellisen iän arviota VMI-ikäisyydestä ja INKA-ikäisyydestä käyttäen verrattiin toisiinsa laskeamalla näiden arvioiden välinen erotus (kuva 8). INKA-ikäisyys perustui tässä tarkastelussa Malli1 ennusteen *kiinteään osaan*. INKA-aineistossa INKA-ikäisyys tuotti Etelä-Suomessa keskimäärin 1–3 vuotta pienemmän todellisen iän kuin yleisesti käytetty VMI-ikäisyys. Ero ikäisyysmenetelmien välillä alkaa olla merkitsevä, kun lämpösума laskee alle 1000 °Cvrk. Lapissa, kun lämpösума on alle 900 °Cvrk, INKA-ikäisyys tuotti 8–11 vuotta nuorempia metsiköitä kuin VMI-ikäisyys (kuva 8).

4 Tulosten tarkastelua

Kantoiän ja rinnankorkeusiän erotuksen eli *ikäeron* (ΔT) mallin rakenne muodostui ennako-odotusten mukaiseksi. *Ikäeron* suuruuteen vaikutti metsikön maantieteellinen sijainti (lämpösума), puulaji, metsikön syntytaapa, kasvupaikan viljavuus ja soistuneisuus. Kunttaisuus, kivisyys ja maanmuokkaus olivat potentiaalisia selittäjiä, mutta ne eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. *Ikäerossa* (ΔT) oli melko suurta vaihtelua sekä metsiköiden että puiden välillä. Mallin mukaan metsiköiden välisen vaihtelun keskihajonta oli n. 3 vuotta ja puiden välisen jäännösvaihtelun keskihajonta oli yli 4 vuotta. Mallien (Malli1–Malli3) RMSE oli 5,5–5,6 vuotta.

Kuusella VMI-ikäisyys on Etelä-Suomessa 4–5 vuotta suurempi kuin männnyllä ja ero kasvaa, kun lämpösума pienenee (Ilvessalo 1965, Kuusela ja Salminen 1969). Estimoiduissa malleissa männyn ja kuusen välinen ero oli vakio (Kuusi-dummy), joka vaihteli mallin painofunktiosta riippuen 4,5–4,7 vuotta. Kuusen *ikäero* oli täysin harhaton Etelä-Suo-



Kuva 8. VMI-ikäisyyden ja INKA-ikäisyyden keskimääräinen ero (\pm keskihajonta pisteviivoina) metsikön todellisen iän arvioissa lämpösuman suhteen. INKA-ikäisyys on Malli1 kiinteä osa + kannonkorkeuden saavuttamisen ennuste.

messä aina lämpösумаan 975 °Cvrk asti (ks. kuva 2A). Lopulliseen ikäisyyteen männyn ja kuusen välille tulee pientä lisävaihtelua kannonkorkeuden saavuttamisen eroista Pohjois-Suomessa (ks. taulukko 6). INKA-ikäisyys oli Etelä-Suomen hyvillä kasvupaikoilla lähes sama, mutta mitä pohjoisemmaksi mennään, sitä pienempi se oli VMI-ikäisyyteen verrattuna (Liite 1). Myös kasvupaikan heikettesä ero INKA- ja VMI-ikäisyyden välillä kasvoi. VMI-ikäisyydestä suuremmat INKA-ikäisyydet olivat enimmäkseen laadinta-aineiston ulkopuolelle johdettuja eli lämpösума oli suurempi tai kasvupaikka karumpi kuin laadinta-aineistossa (Liite 1).

Suurelta osin erot VMI- ja INKA-ikäisyyden välillä selittyvät eroista kannonkorkeuden saavuttamisen iässä. Nykyisin talousmetsien uudistaminen on aktiivista, jolloin kannonkorkeus saavutetaan nopeammin kuin vanhoissa harsintametsissä. Ilvessalon (1951) mukainen kannonkorkeuden talousikä oli 3–10 vuotta Etelä-Suomessa ja 5–15 vuotta Pohjois-Suomessa kasvupaikasta riippuen. Nykyisten pituuskehitysmallien mukaan 10 cm:n kannonkorkeus luontaisessa uudistamisessa saavutetaan kasvupaikasta riippuen 2–4 vuodessa Lappia ja kuivaa kangasta myöten (Hyppönen ym. 2002, Siipilehto 2011). Lähellä metsänrajaa ja erityisesti soistuneilla kohteilla kehitys on hitaampaa ja kannonkorkeus saavutetaan noin 5–10 vuodessa Hallikaisen ym. (2007) valtapituusmallin mukaan.

Testiaineiston mukaan kuusella ja männyllä näytettiin olevan hieman erilainen lämpösummavaste *ikäeron* suhteen (ks. männyn ja kuusen harhat kuvassa 4). Kuusen harhan trendi testiaineistossa osoittaa kuitenkin pienempää lämpösummavastetta kuuselle kuin männylle, mikä olisi päinvastainen tulos VMI-ikälisäyksen verrattuna. On kuitenkin syytä muistaa, että kuusen testiaineisto oli valtaosaltaan istutettuja kuusikoita ja joitakin luontaisia kuusia oli aineistossa mukana edustamassa sivuhavupuu-lajia männyn taimikossa. Nämä luontaiset kuuset sijoittuivat pääasiassa Pohjois-Suomen mäntytaimikoihin. Lisäksi valtaosa testiaineiston kuusikoista oli mätästettyjä, kun taas laadinta-aineistossa mätästystä ei ollut lainkaan.

Koivun ikäero ei eronnut tilastollisesti merkittäväksi männystä. Siten koivulle käytettiin männyn kanssa samaa ikälisäystä, aivan kuten VMI-ikälisäyksessä (Kuusela ja Salminen 1969). Laadinta-aineistossa koivun *ikäeron* ennuste oli puulajeista kaikkein luotettavin eli harhaton ja pienin hajonta (ks. kuva 2A). Laadinta-aineiston koivuista 70 % oli rauduskoivua. Pohjoisimmat koivut olivat hieskoivuja. Koivun testaus riippumattomalla testiaineistolla perustui sekapuuna kasvaneeseen koivuun. Lisäksi testiaineiston koivusta 83 % oli hieskoivua. Siksi olikin yllättävää, että koivu oli saavuttanut kannonkorkeudelta rinnankorkeuden noin kaksi vuotta mäntyä aikaisemmin (ks. kuva 4). Koivusekapuun syntytapa on todennäköisesti tulkittu väärin siemensyntyisten ja vesojen välillä, koska vesasyntyisen koivun ja siemensyntyisen koivun keskimääräiset *ikäerot* ja sen vaihteluvälit olivat lähes identtiset.

Maanmuokkaus vaikuttaa edullisesti taimien alkukehitykseen (esim. Wall ja Kubin 2000, Hyppönen ym. 2002). INKA-aineistossa mahdollista muokkausmenetelmää ei tyypillisesti tunnettu, koska muokausjäljet olivat vartuneiden metsien inventointiajankohtana hävinneet. Testiaineistossa muokkaamattomien ja muokattujen alojen välillä oli selvä ero kantoajan ja rinnankorkeusajan välillä ja siksi mallit aliarvioi yli vuodella muokkaamattomien kohteiden *ikäeroa*. Aliarvio oli pienempi muokatuilla kuin muokkaamattomilla uudistusaloilla ja pienempi painotetuilla malleilla (Malli2 ja Malli3) kuin painottomalla perusmallilla (Malli1). Mätästysaloilla Malli3 oli lähes harhaton (ks. kuva 7). Vaikka mätästys on

osoittautunut pituuskehityksen kannalta tehokkaaksi maanmuokkausmenetelmäksi kuusen istutuksen yhteydessä (Saksa ym. 2005, Siipilehto ym. 2015), niin mätästettyjen OMT-kuusikoiden *ikäero* aliarvioitiin 1,4 vuotta. Testiaineiston laikkumätästettyjen OMT ja MT kuusikoiden keskimääräinen *ikäero* oli käytännössä sama eli 7,5 ja 7,4 vuotta, kun taas mallit ennustavat vuoden nopeamman kehityksen lehtomaiselle kankaalle verrattuna tuoreen kankaan kasvupaikkaan. Testiaineiston kääntömätästyskohteilla kuusen alkukehitys oli yllättävän hidasta, toisin kuin esim. ruotsalaisessa tutkimuksessa (Örlander ym. 1998). Kääntömätästyskohteilla kuusi oli kehittynyt hitaammin lehtomaisella kankaalla (*ikäero* 11 v) kuin tuoreella kankaalla (8,5 v). Lehtomainen kasvupaikka on pintakasvillisuuden ja vesakilpailun kannalta vaikeampi uudistaa kuin tuore kangas ja tämä on voinut aiheuttaa testiaineistossa havaittua suurta vaihtelua istutetun kuusen alkukehityksessä lehtomaisilla kankailla (esim. Lehtosalo ym. 2010, 2011). Vastaavia ongelmia on havaittu ruohoturvekankaiden uudistamisessa (Siipilehto ym. 2014). Lisäksi tähän on voinut vaikuttaa taimikonhoidollinen tila. Testiaineiston muokkausmenetelmien ja taimikonhoidon vaikutusta pituuskehitykseen on tarkasteltu laajemmin Siipilehdon ym. (2015) tutkimuksessa.

Kuuselan ja Salmisen (1969) kasvukauden pituuden mukaan tasoitettu VMI-ikälisäystaulukko otettiin käyttöön 60-luvulla, jolloin Suomessa oli runsaasti yli-ikäisiä metsiä ja metsiä oli käsitelty harsintahakkuin (ks. Kuusela 1972). Tuohon aikaan Ilvessalon tutkimuksiin perustuvat ikälisäykset saattoivat olla kohtalaisen harhattomia. Nykyisissä luontaisesti syntyneissä metsiköissä todennäköisesti vain hyvin pieni osa valtuista on kasvanut ensimmäiset vuodet hitaasti järeän puuston alla. Testiaineistossa suuret, yli 15 vuoden *ikäerot* olivat hyvin harvinaisia, vaikka testiaineiston puut edustivat satunnaisesti koko pituusjakaumaa. Testiaineiston 250 näytteestä hylättiin vain 2 kpl siitä syystä, että puu oli edellisen puusukupolven alla kituliaasti kehittynyt ja *ikäero* oli noin 40 vuotta. Sekä mallien laadinta-aineistossa että testiaineistossa tällaisia poikkeuksellisen hitaasti kasvaneita koeputia oli lopulta vain yksi prosentti. Toisaalta myös uutta taimiainesta syntyy olemassa olevaan taimikkoon ja osa taimista joutuu siten selvästi alisteiseen asemaan. Tämä selittäisi metsi-

köstä kairattujen puiden ikävaihtelua ja pituuskehityksen nopeuden vaihtelua. Samassa metsikössä *ikäero* saattoi vaihdella kymmeniä vuosia kairattujen valtapuiden välillä, vaikka tällaiset erot olivat harvinaisia. Vastaavia havaintoja esittivät Wong ja Lertzman (2001) Brittiläisestä Kolumbiasta, jossa 2-jaksoisen metsikön varttuneet puut olivat saavuttaneet rinnankorkeuden 16–20 vuodessa ja saman metsikön alikasvospuut saavuttivat rinnankorkeuden vasta 35–37 vuodessa. Eri-ikäisissä metsissä kuusen keskimääräinen rinnankorkeuden saavuttamisikä voi olla noin 60 vuotta ja vaihdella jopa 35–100 vuotta Etelä-Suomessa (Eerikäinen ym. 2014).

Ohikairaus ja ohikairausarvion vaikeus heikentää jossain määrin laadittujen mallien luotettavuutta. Ohikairauksen mahdollisuus kasvaa puun koon kasvaessa ja toisaalta vuosirenkaiden ohetessa. Ohikairausarvion oletettiin olevan suurempi Pohjois-Suomessa kuin Etelä-Suomessa ja suurempi kuusella kuin männyllä. Ohikairaussumman tarkastelu lämpösumman suhteen ei kuitenkaan tukenut tätä ennako-oletusta. Silti ohikairaussumma saattoi olla aliarvio, jos ensimmäiset vuodet kannonkorkeudelta ovat olleet poikkeuksellisen hidaskasvuisia. Tässä tutkimuksessa tarkkoja havaintoja painottaneet mallit osoittautuivat hieman luotettavammiksi viljelymetsissä, kun taas painottamaton malli oli luotettavampi luontaisesti syntyneiden metsien ikälisäyksen ennustamiseksi. Erot painottamattoman ja painotettujen mallien välillä olivat kuitenkin melko pieniä. Kanadalaisessa tutkimuksessa ohikairauksen vaikutus iän arvioinnissa oli erilainen valopuulajeilla ja varjopuulajeilla (Wong ja Lertzman 2001).

Testiaineistossa oli käytettävissä kannonkorkeus- ja rinnankorkeuskiekot iän tarkaksi määrittämiseksi. Testiaineistossa havaittu *ikäero* oli Lapissa keskimäärin 1–1,3 vuotta suurempi, kuin laadittujen mallien ennuste. Toisaalta testiaineiston puut eivät olleet varsinaisia metsikön valtapuita, mikä lisäsi potentiaalisesti keskimääräistä *ikäeroa* ja sen vaihtelua. *Ikäeron* hajonta oli kuitenkin pääsääntöisesti pienempi tuoreemmassa testiaineistossa kuin mallin laadinta-aineistoissa. Havupuilla harhat *ikäerossa* pysyivät alle kahden vuoden, mutta testiaineiston koivulle malli tuotti yli kahden vuoden yliarvioita. Joka tapauksessa ero INKA- ja VMI-ikälisäyksen välillä oli niin selvä, ettei se ole selitettävissä kairauksen epätarkkuuden aiheuttamalla aliarviolla (ks. kuva 8).

Varmolan (1993, s. 14) viljelymetsien ikälisäys-taulukot männylle perustuivat sekä pituuskehitykseen että laadittuun ikälisäysmalliin. Viljelymetsien hyvillä kasvupaikoilla (OMT ja MT) INKA-ikälisäys oli pienempi istutuksessa, mutta kylvössä sama kuin Varmolan (1993) ikälisäys. Karummilla kasvupaikoilla (VT, CT) Varmolan (1993) ikälisäys osui istutus- ja kylvömetsikköön ennustettujen INKA-ikälisäysten väliin. *Ikäeron* mallissa istutus- ja kylvö-dummyjen parametrit erosivat hyvin vähän toisistaan (ks. taulukko 4). Ero istutuksen ja kylvön välillä syntyikin pääasiassa kannonkorkeuden saavuttamisen eroista (ks. Liite 2). Varmolan (1993) ikälisäykset olivat istutus- ja kylvömänniköille yhteiset, mutta hän havaitsi aineistossaan kylvömännyn saavuttaneen rinnankorkeuden yllättäen noin vuoden ennen istutusmäntyä. Sama ilmiö havaittiin testiaineistossa ja se johtunee pienemmästä kasvilisäyksen ja vesakon kilpailusta kylvökohteilla istutuskohteisiin verrattuna. Tosin samasta aineistosta laadittujen mallien mukaan taimikoiden keski- ja valtapituus kehittyi nopeimmin istutetuissa ja hitaimmin luontaisesti uudistetuissa metsiköissä (Siipilehto ym. 2015), joten nämä pituuskehityksen erot olivat syntyneet varttuneemmassa kehitysvaiheessa, rinnankorkeuden saavuttamisen jälkeen.

Nykyaikaisin menetelmin perustettujen männyn- ja kuusentaimikoiden aineistot osoittavat, että nykyiset uudistamismenetelmät ovat nopeuttaneet taimivaiheen pituuskehitystä ja siten rinnankorkeus saavutetaan 1–11 vuotta aikaisemmin kuin aikanaan harsintarakenteisissa tai lähes luonnontilaisissa metsissä, joihin VMI-ikälisäys vanhan aineistonsa johdosta perustuu. Tosin Ilvessalo (1920b, s. 43) tähdentää kaatokoepuiden valitun enimmäkseen tasaikäisistä metsistä ja satunnaiset, selvästi poikkeavat koepuiden ikähavainnot jätettiin huomiotta. Mallien mukaan metsän viljely on nopeuttanut pituuden alkukehitystä, mutta tuoreemmassa testiaineistossa erot syntyvän mukaan olivat tasoittuneet INKA-aineistoon verrattuna. Tämä tarkoittaa lähinnä sitä, että männyn viljelyn lisäksi myös männyn aktiivinen luontainen uudistaminen oikeilla kohteilla, oikein ajoitettuna ja riittävällä maanmuokkauksella on tuottanut tasaisesti ja hyvin kehittyneitä taimikoita.

Laadittu INKA-ikälisäys on tarkoitettu sekä yleiseksi talousmetsien ikälisäykseksi että INKA-aineis-

ton käyttäjille metsikön todellisen iän arvioimiseksi aikaisemmin käytetyn VMI-ikäisyyksen sijaan. Aineistopalveluna Malli1 ennusteeseen perustuva satunnaisosan sisältävä metsikkökohtainen ikälisäys on tallennettu muiden INKA-tiedostojen lisäksi ja se havaittiin varsin luotettavaksi (kuva 2A). Metsiköille, jotka eivät olleet mallinnuksessa mukana, on laskettu kiinteään osaan perustuva ikälisäys. Tähän kiinteään osaan perustuvan ennusteen luotettavuutta laadinta-aineistossa on tarkasteltu kuvassa 2B. INKA-ikäisäysmallin yleisempää käyttöä talousmetsien ikälisäykseksi voidaan suositella tilanteissa, jossa todellinen ikä joudutaan määrittämään rinnankorkeusiän ja ikälisäyksen avulla. Estimoiduista malleista Malli1 tuotti testiaineiston mukaan parhaan ennusteen luontaisesti uudistetuille metsiköille ja se on siten suositeltavin vaihtoehto ikälisäyksen laskennan pohjaksi. Testiaineiston viljelymetsissä Malli2 ja Malli3 olivat tarkempia kuin Malli1, mutta viljelymetsien ikä on helpommin selvitettävissä kuin luontaisesti syntyneiden. Toisaalta nyt laadittu talousmetsien INKA-ikäisäys ei sovellu eri-ikäisrakenteisille metsille vaan niissä VMI-ikäisäys on parempi vaihtoehto, vaikkakin ilmeinen aliarvio (ks. Eerikäinen ym. 2014).

Metsikön todellisen iän arvioissa tapahtunut muutos merkitsee samalla sitä, että VMI-ikäisyykseen perustuvia INKA-aineistoista laadittuja malleja tulisi päivittää uuden, INKA-ikäisyykseen perustuvan todellisen iän mukaisiksi. Tällaisia malleja ovat esimerkiksi metsikön ikään, lämpösummaan ja kasvupaikkaan perustuvat puustotunnusmallit kuuselle (Siipilehto 2006) ja männylle (Siipilehto 2011), joita ollaan parhaillaan päivittämässä. Koska talousmetsät ovat saadun tuloksen mukaan merkittävästi oletettua nuorempia, on myös niiden todellinen kasvu ja tuotos aikaisemmin oletettua parempi, etenkin Pohjois-Suomessa.

Kiitokset

Kiitämme käsikirjoituksen tarkastajia sekä Jari Mii-
naa että Risto Ojansuuta arvokkaista kommentteista ja parannusehdotuksista.

Kirjallisuus

- Eerikäinen, K., Valkonen, S. & Saksa, T. 2014. Ingrowth, survival and height growth of small trees in uneven-aged *Picea abies* stands in southern Finland. *Forest Ecosystems* 2014(1:5). 10 s.
- Gustavsen, H.G., Roiko-Jokela, P. & Varmola, M. 1988. Kivennäismaiden talousmetsien pysyvät (INKA ja TINKA) kokeet. Suunnitelmat, mittausmenetelmät ja aineistojen rakenteet. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 292. 212 s.
- Hallikainen, V., Hyppönen, M., Hyvönen, J. & Niemelä, J. 2007. Establishment and height development of harvested and naturally regenerated Scots pine near timberline in North-East Finnish Lapland. *Silva Fennica* 41(1): 71–88.
- Hyppönen, M., Hyvönen, J. & Valkonen, S. 2002. Männy luontaisen uudistamisen onnistuminen Lapin yksityismetsissä 1960-, 1970- ja 1980-lukujen siemenpuuhakuissa. *Metsätieteen aikakauskirja* 4/2002: 559–574.
- Iivessalo, Y. 1920a. Kasvu ja tuottotaulukot Suomen eteläpuoliskon mänty-, kuusi- ja koivumetsiköille. Helsinki. 96 s.
- 1920b. Tutkimuksia metsätyyppien taksatoorisesta merkityksestä, nojautuen etupäässä kotimaiseen kasvutaulujen laatimistyöhön. *Acta Forestalia Fennica* (6). 157 s. (Väitöskirja)
- 1937. II valtakunnan metsien arvioinnin suunnitelma ja ulkotyöohjeet. Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja 22(5). 80 s.
- 1947. Pystypuiden kuutioimistaulukot. Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja 34. 149 s.
- 1951. III valtakunnan metsien arviointi. Suunnitelma ja maastotyön ohjeet. Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja 39(3). 67 s.
- 1965. Metsänarvioiminen. WSOY. 400 s.
- Ilmatieteen laitos. Terminen kasvukausi. <http://ilmatieteenlaitos.fi/terminen-kasvukausi>. [Viitattu 16.10.2014]
- Kuusela, K. 1972. Suomen metsävarat ja metsien omistus 1964–70 sekä niiden kehittyminen 1920–70. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 76(5).
- & Salminen, S. 1969. The 5th National Forest Inventory in Finland. General design, instruction for field work and data processing. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 69(4).
- Kuvioittainen arviointi ja tietojen päivitys 1998. UPM-Kymmene Metsä. 31 s.

- Laamanen, R., Leskinen, J. & Hallman, E. 1997. PATI-maastotyöohje. Helsinki: Metsähallitus. 58 s.
- Lehtosalo, M., Mäkelä, A. & Valkonen, S. 2010. Regeneration and tree dynamics of *Picea abies*, *Betula pendula* and *Betula pubescens* in regeneration areas treated with spot mounding in southern Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research* 25: 213–223.
- , Mäkelä, A. & Valkonen, S. 2011. Laikkumätätettyjen uudistusalojen vesottuminen. *Metsätieteen aikakauskirja* 1/2011: 46–49.
- Luoranen, J. & Kiljunen, N. 2006. Kuusen paakkutaimien viljelyopas. Metsäntutkimuslaitos, Suonenjoki. 108 s.
- Saksa, T., Heiskanen, J., Miina, J., Jaakkola, T. & Kolström, T. 2005. Multilevel modelling of height growth in young Norway spruce plantation in southern Finland. *Silva Fennica* 39(1): 143–153.
- SAS OnlineDoc 9.1.3. [Verkkodokumentti]. Saatavissa: <http://support.sas.com/onlinedoc/913/docMainpage.jsp>. [Viitattu 6.10.2014]
- Seppänen, H. 1979. Metsikön ikäarvion lotettavuus. Helsingin yliopisto, metsänarvioimistieteen laitos. Metsänarvioimistieteen laudaturtyö. 51 s.
- Siipilehto, J. 2006. Linear prediction application for modelling the relationships between a large number of stand characteristics of Norway spruce stands. *Silva Fennica* 40(3): 517–530.
- 2011. Local prediction of stand structure using linear prediction theory in Scots pine-dominated stands in Finland. *Silva Fennica* 45(4): 669–692.
- , Saarinen, M. & Hökkä, H. 2014. Taimikoiden pituuskasvun luotettavuus sovellettaessa MOTTI-ohjelmiston kangasmaiden ennustemalleja turvekankaille. *Metlan Työraportteja* 294. 25 s. <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2014/mwp294.htm>
- , Valkonen, S. & Päättalo, M.L. 2015. Männyn ja kuusen taimikoiden kehitys erilaisilla uudistamisketjuilla. *Metsätieteen aikakauskirja* 1/2015: 5–21.
- Solmun maastotyöopas. 1997. Metsätalouden kehittämisskeskus Tapio. 82 s.
- Taimitapio. <http://www.taimitapio.fi/mannytai.html>. [Lainattu 16.10.2014]
- Varmola, M. 1993. Viljelymänniköiden alkukehitystä kuvaava metsikkömalli. *Folia Forestalia* 813. 43 s.
- Valtakunnan metsien 10. Inventointi (VMI10). Maastotyön ohjeet 2006. Metsäntutkimuslaitos. 175 s.
- Valtakunnan metsien 12. Inventointi (VMI12). Maastotyön ohjeet 2014. Metsäntutkimuslaitos. 168 s.
- Wall, A. & Kubin, E. 2000. Maanmuokkaustavan ja maa-lajin vaikutus männyn hajakylvön onnistumiseen. *Metsätieteen aikakauskirja* 1/2000: 5–17.
- Wong, C.M. & Lertzman, K.P. 2001. Errors in estimating tree age: implications for studies of stand dynamics. *Canadian Journal of Forest Research* 31:1262–1271.
- Yli-Kojola, H. 1985. Metsikön ikärakenteen kehitys. *Folia Forestalia* 634. 20 s.
- Örlander, G., Hallsby, G., Gemmel, P. & Wilhelmsson, C. 1998. Inverting improves establishment of *Pinus contorta* and *Picea abies*-10-year results from site preparation trial in northern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* 13(4): 160–168.

34 viitettä

Liite IA. VMI-ikäisäys (Kuusela ja Salminen 1969)/INKA-ikäisäys (Malli1). Suluissa taulukon täydennys SOLMU-ohjeen mukaisilla ikäisäyksillä. **Vahvennettuna** on esitetty ne kasvupaikat, jolle INKA-ikäisäysmalli antoi suuremman ikäisäyksen kuin VMI-ikäisäys. (Huom. Painotettu Malli 3 antoi käytännössä saman ikäisäyksen tasavuosina). Kasvu-
paikkaluokat: 1 = lehto, 2 = lehtomainen, 3 = tuore, 4 = kuivahko, 5 = kuiva ja 6 = karukkokangas.

Puulaji	Kasvupaikka- luokka	Kasvukauden pituus, vrk (lämpösomma, °Cvrk) (Ilmatieteen laitos)						
		120 (750)	130 (850)	140 (950)	150 (1050)	160 (1150)	170 (1250)	180 (1350)
Mänty ja koivu	1–2	22/11	19/10	16/10	14/8	11/8	8/7	6/7
	3	22/12	19/11	16/11	14/9	11/9	8/8	6/8
	4	26/14	23/13	20/12	17/12	14/11	12/11	9/10
	5–6	30/16	27/15	24/14	21/13	19/13	16/12	13/12
	Kitu- ja joutomaat*	33/18	30/17	27/16	24/15	21/15	18/14	15/14
Kuusi	1–2	25/15	22/15	19/14	16/13	13/12	10/12	8/11
	3	30/17	26/16	23/15	20/15	17/14	13/13	10/12
	4	(34)/26	30/24	27/24	23/22	20/22	16/22	13/20
	5–6*	(36)/29	(32)/27	(28)/27	(25)/25	(22)/25	(17)/25	(14)/23
	Kitu- ja joutomaat*	(38)/31	34/30	30/30	27/28	24/27	19/27	16/25

Liite IB. VMI-ikäisäys/INKA-ikäisäys (painotettu Malli2). Suluissa taulukon täydennys SOLMU-ohjeen mukaisilla ikäisäyksillä. **Vahvennettuna** on esitetty ne kasvupaikat, jolle INKA-ikäisäysmalli antoi suuremman ikäisäyksen. Kasvupaikkaluokat liitteen IA mukaan.

Puulaji	Kasvupaikka- luokka	Kasvukauden pituus, vrk (lämpösomma, °Cvrk) (Ilmatieteen laitos)						
		120 (750)	130 (850)	140 (950)	150 (1050)	160 (1150)	170 (1250)	180 (1350)
Mänty ja koivu	1–2	22/11	19/11	16/10	14/8	11/8	8/7	6/6
	3	22/12	19/11	16/11	14/9	11/9	8/8	6/7
	4	26/15	23/13	20/13	17/12	14/12	12/11	9/10
	5–6	30/16	27/16	24/14	21/13	19/13	16/12	13/12
	Kitu- ja joutomaat*	33/19	30/18	27/17	24/16	21/15	18/15	15/14
Kuusi	1–2	25/16	22/15	19/15	16/13	13/12	10/12	8/11
	3	30/18	26/16	23/16	20/15	17/14	13/13	10/12
	4	(34)/26	30/25	27/24	23/22	20/22	16/21	13/20
	5–6*	(36)/31	(32)/29	(28)/28	(25)/27	(22)/26	(17)/25	(14)/24
	Kitu- ja joutomaat*	(38)/33	34/32	30/31	27/29	24/29	19/28	16/26

*HUOM! Kitu ja joutomaat (ja VMI5 mukaan suot ja kalliomaat) saatiin INKA-ikäisäysmallin odotusarvosta CT kasvupaikalle + soistuneisuuden tuoma ikäisäys (2 v). Kuusella kasvupaikkaluokat 5–6 saatiin mallin ennusteesta VT kasvupaikalle + 3 (CT) ja kitu- ja joutomaille +5 (CT soistunut). Ennuste on pyöristetty tasavuosiksi.

Liite 2. Varmolan (1993) viljelymänniköille (kylvö ja istutus) lasketut ikälisäykset todellisen iän ja rinnankorkeusiän välillä valtapituusboniteeteilla H100 18–30 m (suluisa metsätyypivastaavuus Etelä-Suomessa). Varmolan (1993) ikälisäysmallin (Varmola 1) ja valtapituuden kasvumallin (Varmola 2) vertailuksi esitetään INKA-ikälisäykset (Malli 1 + kannonkorkeuden saavuttamisikä) istutus- ja kylvömanniköille lämpösumman vaihtelualueella 1250–1150 C°vrk.

H100	18 (CT)	24 (VT)	27 (MT)	30 (OMT)
Varmola 1	9	8	7	5
Varmola 2	9	7	6	6
INKA istutus	7–8	6–7	4–5	3–4
INKA kylvö	11	9–10	6–7	5–6