



Jouni Siipilehto



Sauli Valkonen



Marja-Leena Päätaalo

Jouni Siipilehto, Sauli Valkonen ja Marja-Leena Päätaalo

Männyn- ja kuusentaimikoiden kehitys erilaisia metsänuudistamisketjuja käytettäessä

Siipilehto, J., Valkonen, S. & Päätaalo, M.-L. 2015. Männyn- ja kuusentaimikoiden kehitys erilaisia metsänuudistamisketjuja käytettäessä. *Metsätieteen aikakauskirja* 1/2015: 5–21.

Tutkimuksessa tarkasteltiin mänty- ja kuusitaimikoiden tiheyttä ja pituuskehitystä. Tutkimus perustui käytännön uudistusaloilta koko maan alueelta kerättyyn kertamittausaineistoon, joka käsitti 68 männyn- ja 19 kuusentaimikkoa. Mänty oli uudistettu luontaisesti, kylvetty tai istutettu tuoreelle ja kuivahkolle kankaalle ja kuusi oli istutettu lehtomaiselle ja tuoreelle kankaalle. Uudistusala oli joko muokkaamaton tai muokattu äestämällä, laikuttamalla, mätästämällä tai auraamalla. Joitakin uudistusaloja oli lisäksi kulotettu. Taimikot olivat mittaushetkellä 6–34 vuotta vanhoja ja valtapituudeltaan 2–11 m.

Aineistoon sovitettiin lineaarisia malleja selittämään pääpuulajin osalta sekä yksittäisen taimen pituutta, että taimikon keski- ja valtapituutta sekä runkolukua. Lisäksi tarkasteltiin siemen- ja vesasyntyisen lehtipuuston määrää. Erityisen kiinnostavia selittäviä tekijöitä olivat erilaiset muokausmenetelmät. Keski- ja valtapituutta selittivät taimikon ikä, lämpösumma, pääpuulaji, uudistamismenetelmä ja kasvupaikka. Keskipituuteen ja runkoluun vaikuttivat myös erilaiset muokausmenetelmät, mutta niillä ei ollut vaikutusta valtapituuteen. Maanmuokkaus lisäsi lehtipuuston määrää, mutta muokausmenetelmät eivät eronneet merkittävästi toisistaan. Yksittäisen taimen pituutta selitti syntytapa, asema muokkausjäljessä ja terveydentila. Metsikkötason mallit selittivät 48–66% runkoluvun ja 81–87% pituustunnusten vaihtelusta. Maanpinnan käsittelyistä kulotus, auraus ja mätästys nopeuttivat keskipituuden kehitystä äestetyn uudistusalan perustasoon verrattuna. Vesakon tiheys ei vaikuttanut merkittävästi kasvatettavien taimien pituuskehitykseen, mutta vesakon pituus suhteessa kasvatettavan havupuun taimen pituuteen oli merkittävä selittäjä.

Asiasanat: kasvumallit, maanmuokkaus, pituuskasvu, taimikonhoito

Yhteystiedot: Luonnonvarakeskus, Vantaa & Oulu

Sähköposti jouni.siipilehto@luke.fi

Hyväksytty 23.3.2015

Saatavana <http://www.luke.fi/aikakauskirja/full/ff15/ff151005.pdf>

I Johdanto

Metsän uudistaminen on pääsääntöisesti kalkein metsänkasvatusketjun investoinneista. Uudistamisketjua valittaessa joudutaan päättämään uudistamis- ja maanmuokkausmenetelmästä. Uudistamisketjua mietittäessä kannattaa ajatella koko metsänkasvatusketjua, eikä pelkästään välittömiä kustannuksia. Esimerkiksi maanmuokkaus ja istutus nopeuttavat taimikon varhaiskehitystä ja taimikosta tulee rakenteeltaan tasaisempi kuin luontaisesti uudistetusta taimikosta, jonka välittömät uudistamiskustannukset ovat pienemmät.

Maanpinnan käsittely kuuluu olennaisena osana useimpiin metsänuudistamisketjuihin, olipa uudistamismenetelmä sitten luontainen, kylvö tai istutus. Maanmuokkauksen tarkoituksena on turvata metsänuudistamisen onnistuminen ja parantaa puuston pitkäaikaista kehitystä (Mälkönen 2003, Luoranen ym. 2007). Sillä vaikutetaan maan lämpötilaan, vedenläpäisevyyteen, ilmavuuteen, routimiseen sekä ravinteiden saatavuuteen ja pintakasvillisuuden kilpailuun. Etelä-Suomessa muokkausjälki säilyy taimettumiskelpoisena kolme – neljä vuotta ja Pohjois-Suomessa noin vuosikymmenen. Muokkausjälkeen syntyy paljon havupuuntaimia, mutta muokkaus voi altistaa uudistusalan myös tiheän lehtipuuston syntymiselle (Lehtosalo ym. 2010, 2011). Muokkaamattomalla maalla taimikot voivat jäädä liian harvoiksi ja kärsäkästuhot ovat yleisempiä (esim. Kinnunen 1999, Örländer ja Nilsson 1999, Luoranen ja Viiri 2012, Heiskanen ym. 2013), mutta myös muokkausmenetelmien välillä on havaittu eroja kärsäkästuhojen määrissä (esim. Saksa 2011, Luoranen ja Viiri 2012). Maanpinnan käsittely voi olla myös kulutus sellaisenaan tai yhdessä muokkauksen kanssa. Kulotuksella voidaan oleellisesti parantaa maan lämpöoloja (Levula ym. 2000) ja taimien elossaoloa (Levula ym. 2004).

Taimikonhoito on myös olennainen osa ensiharvennukseen ulottuvaa uudistamisketjua. Nykyisin nuoria metsiä hoidetaan entistä ekstensiivisemmin. Taimikonhoitotyöt jäävät tekemättä tai viivästyvät. Valtakunnan metsien inventoinnin (VMI10) aineiston mukaan hoitamattomuus alensi taimikon laatu-luokkaa 11 %:ssa taimikoista (Korhonen ym. 2010). Varttuneiden taimikoiden laatu oli huonompi kuin

nuorten ja Pohjois-Suomessa laatu oli huonompi kuin Etelä-Suomessa. Taimikonhoito oli myöhässä 13 % Etelä-Suomen varttuneista taimikoista (Korhonen ym. 2010). Taimikonhoidon laiminlyöminen tai viivästyttäminen lisää kilpailua, kun lehtipuusto pääsee valta-asemaan. Kasvatettavaa puustoa pidempi lehtipuusto aiheuttaa vahinkoa piiskaamisella (esim. Saksa ja Miina 2007, Miina ja Saksa 2013a). On myös havaittu, että valta-asemaan päässyt lehtipuusto lisää alle jääneen männyn hirvivahinkoja (Jalkanen ym. 2005, Härkönen ym. 2008, Nikula ym. 2008, Bergvist ym. 2014). Taimikonhoidon tarpeellisuus ja kiireellisyys vaihtelevat kasvupaikoittain ja uudistamismenetelmittäin. Kasvupaikan ominaisuuksien, maanpinnan käsittelyn ja varhaisperkauksen avulla voidaan arvioida taimikonhoitotarpeen kiireellisyyttä (Uotila ym. 2012).

Taimikoiden varhaiskehitystä kuvaavilla malleilla, kuten MOTTI-malleilla (ks. Siipilehto ym. 2014b) voidaan tarkastella perkauksen ja harvennuksen vaikutusta taimikon kehitykseen. Kuitenkin näistä malleista puuttuu pääsääntöisesti maanmuokkauksen vaikutus taimikon alkukehitykseen. Toisaalta myöskään istutustaimikoiden kehitys 1980-luvun TINKA-aineistoihin perustuen ei välttämättä vastaa nykyisiä uudistamisketjuja käyttäen aikaansaatuja taimikoita (ks. Valkonen 1997, Kaila ym. 2006).

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää erilaisten uudistamis- ja maanmuokkausmenetelmien sekä taimikonhoidon vaikutuksia männyn- ja kuusentaimikoiden tilaan ja kehitykseen koko maan alueella. Tutkittuja uudistamismenetelmiä olivat luontainen uudistaminen, kylvö ja istutus. Maanpinnan käsittelyjä olivat käsittelemätön, kulutus, äestys, laikutus, mätästys ja auraus. Näiden toimenpiteiden ja uudistusalan kasvupaikkatekijöiden vaikutuksia tutkittiin eri kehitysvaiheissa olleiden käytännön taimikoiden kertamittausaineistosta.

2 Aineisto ja menetelmät

2.1 Mittausaineisto

Tutkimuksen aineisto on alun perin kerätty Metsäntutkimuslaitoksen ”Taimikonhoidon menetelmien kehittäminen”-hankkeessa mallien testaus- ja ka-

librointiaineistoksi. Taimikoiden perusjoukossa oli tiettyjä rajauksia. Taimikoiden tuli olla pinta-alaltaan vähintään 0,5 ha ja koealan reuna ei saanut olla 15 m lähempänä yli 10 m pituista reunametsää. Kohteiden tuli sijaita kivennäismailla eikä niillä saanut olla merkittävästi jäte- tai verhopuustoa. Lisäksi taimikon pääpuulaji ei saanut olla kasvupaikalle sopimaton eikä taimikko saanut olla perustettu pellolle. Kehityskelpoisia havupuuntaimia piti olla vähintään 500 kpl/ha. Valitut taimikot eivät saaneet kärsiä vakavista tuhoista. Vesakon määrään toivottiin vaihtelua, mutta taimikko ei saanut olla pilalla vesakon takia. Taimikon harvennuksesta kuluneen ajan täytyi olla vähintään kolme vuotta, jotta käsittelyn aiheuttama kasvureaktio ei olisi akuutti eikä vaikeuttaisi mallien kalibrointia.

Otos poimittiin satunnaisesti yhteistyökumppaneilta saadusta perusjoukosta, 2–8 m valtapituusvaiheen uudistusaloilta, ositettuna taimikon uudistamismenetelmän, kehitysvaiheen, kasvupaikan ja muokkausmenetelmän mukaan. Aineisto käsitti 68 männyn- (Liite 1) ja 19 kuusentaimikkoa (Liite 2). Otokseen tuli 31 männyn tuoreen kankaan (MT) ja 37 kuivahkon kankaan (VT) ja kuusen 4 lehtomaisen kankaan (OMT) ja 15 tuoreen kankaan (MT) uudistusaloja. Kasvupaikoille annettiin Etelä-Suomen metsätyyppejä vastaavat lyhenteet. Aineisto kerättiin tasaisesti koko maasta. Samankokoiset otokset poimittiin sekä Etelä-Suomesta, Pohjois-Pohjanmaan ja Kainuun alueelta että Lapista. Lapista oli saatavilla vain männynuudistusaloja. Muokkaamattomia uudistusaloja oli vaikea löytää ja lopulta vain kolme männynuudistusaloja oli muokkaamattomia ja yksi niistä oli kulotettu. Muilla kulotuskohteilla maa oli lisäksi muokattu laikuttamalla tai äestämällä. Kuusikoissa mätästys oli vallitseva menetelmä. Liitteen 1 mänty- ja liitteen 2 kuusiaineisto on järjestetty alueen (1 = Lappi, 2 = Pohjois-Pohjanmaa/Kainuu ja 3 = Etelä-Suomi), mittausvuoden (2007 ja 2008), kasvupaikan ja muokkaustavan mukaan.

Taimikot inventoitiin systemaattisella hilalla siten, että taimikkoon sijoitettiin 15 kpl 20 m²:n ympyräkoelaa. Inventointikoelalta mitattiin kaikki yli 0,5 m pituiset taimet yksin puun. Puista kerätyt tunnukset olivat puulaji, syntytyyppi, pituus (vesaryhmästä valtavasan pituus ja vesojen lukumäärä), tuhon ilmaisu, tuhon syy ja tuhon aste. Yksi koelaloista valittiin taimikkoon hyvin edustavaksi intensiivikoelalaksi,

jolta määritettiin edellisten tunnusten lisäksi taimen sijainti muokkausjäljessä: 0 = käsittelemätön pinta, 1 = laikutuksen laikku, 2 = äestysjälki, 3 = auran palle tai vastaava, 4 = auran piennar tai vastaava auran täysin paljastama kivennäismaa, 5 = mätästykseen mätäs, 6 = mätästykseen laikku tai 9 = muu. Sijainti-muuttuja jätettiin tyhjäksi, mikäli taimien sijaintia muokkausjäljessä ei pystytty erottamaan. Jos sijainti puuttui, taimi jätettiin pois puukohtaisen pituuden analyysistä. Pääpuulajista valittiin 6 koepuuta systemaattisesti edustaen koko pituusjakaumaa. Koepuista kaksi arvottiin kaatokoepuiksi, joista otettiin kiekkonäyte kannon- ja rinnankorkeudelta iän määrittämiseksi.

Taimikon keski-ikä saatiin pääpuulajin kannonkorkeuskiekoista lasketusta iästä, eli kantoikästä. Kantoikään lisättiin kaatokorkeuden ja syntypisteen välinen ikäero, ikälisäys. Ikälisäykseksi arvioitiin kaksi vuotta luontaisesti syntyneissä taimikoissa ja yksi vuosi kylvetyissä taimikoissa. Istutustaimikoissa ei tehty ikälisäystä. Lisäksi Lapissa luontaisissa ja kylvötaimikoissa kantoikään lisättiin vielä yksi vuosi metsikön hitaamman pituuskehityksen vuoksi (ks. Hyppönen ym. 2002, Siipilehto ja Huttunen 2015). Pääpuulajin keski-ikä oli 19 vuotta ja vaihteluväli oli 8–33 vuotta. Tarkasteltavat puustotunnukset, keski- ja valtapituus ja runkoluku saatiin keskiarvoina yhdistämällä taimikon koelalat edustamaan koko taimikkoa. Valtapituus (100 pisimmän puun keskipituus hehtaarilla) saatiin taimikon kolmen pisimmän puun keskiarvona.

2.2 Aineiston analyysit

Aineisto analysoitiin sekä metsikkö- että puutasolla. Mallit puun pituudelle sekä taimikon keski- että valtapituudelle oletettiin tulomuotoiseksi (esim. Varmola 1993, Fahlvik ja Nyström 2006, Siipilehto 2006, 2011). Yleisessä muodossa tulomuotoinen malli on $Y = a_0 x_1^{a_1} x_2^{a_2} \dots x_n^{a_n}$. Mallit linearisoitiin logaritimuunnoksen avulla yhtälön (1) mukaisiksi.

$$\ln(Y) = a_0 + a_1 \frac{1}{(T+10)} + a_2 LS + a_3 St + a_4 Kp + a_5 Mp + a_6 Th + a_7 Ve + u + e \quad (1)$$

jossa Y on selitettävä puu- tai puustotunnus, T on taimikon todellinen ikä (vuotta), LS on lämpösumma

($^{\circ}\text{Cvrk}$), St on syntytapa, Kp on kasvupaikkatyyppi, Mp on maanpinnan käsittely, Th on taimikonhoito, Ve on vesakko, $a_0 - a_7$ ovat mallin estimoitavat parametrit, u on satunnainen metsikkötekijä yksittäisen puun pituuden mallissa ja e on jäännösvirhe.

Syntytapa, kasvupaikka ja maanpinnan käsittely kuvattiin dummy-muuttujien avulla. Dummy-muuttuja saa arvon 1, kun kyseinen muuttuja on tosi ja arvon 0, kun se on epätosi. Esimerkiksi istutus valittiin perustasoksi ja luontainen ja kylvö esitettiin dummy-muuttujilla. Kun syntytapa on luontainen, niin dummy Luontainen = 1 ja Kylvö = 0. Taimikonhoitoa tarkasteltiin yksittäisenä dummy-muuttujana (hoidettu/hoitamaton), mutta se yhdistettiin myös taimikonhoidon ajoitukseen (vuotta taimikon perustamisesta) ja taimikonhoidosta mittausajankohtaan kuluneeseen aikaan (*Thaika*). Vesakon kilpailun vaikutusta pääpuulajiin kuvasi alun perin vesojen määrä (kpl/ha) ja vesakon pituuskilpailu, joka oli vesojen valtapituus suhteessa kasvatettavan pääpuulajin valtapituuteen. Näistä vesojen määrä jätettiin lopulta pois estimoitavista malleista, koska se ei sel-laisenaan, eikä yhdysvaikutuksena pituuskilpailun kanssa selittänyt pituustunnuksia. Taimikonhoidon ajoitus ja taimikonhoidosta kulunut aika vaikuttivat vesakon määrään epälineaaraisesti ja se pyrittiin kuvaamaan lopullisessa mallissa.

Kun selitettävä muuttuja on logaritimuunnettu, $\ln(N)$, $\ln(Nlp)$, $\ln(Hdom)$ ja $\ln(H)$, niin estimoidut vaikutukset ovat suhteellisia kertoimia. Lisäksi vastemuuttujat, runkoluvut ja pituudet saavat aina positiivisen arvon, joka on mallien loogisuuden kannalta hyvä ominaisuus. Puutason pituusmallissa metsikkö on satunnaistekijä sekamallissa. Mallit sovitettiin SAS-ohjelmistolla. Metsikkötason mallit estimoitettiin SUR-mallina (näennäisesti riippumaton regressio eli *Seemingly Unrelated Regression*) SYSLIN proseduurilla ja puutason sekamalli estimoitettiin MIXED proseduurilla REML estimointina (SAS OnlineDoc).

Kun ensimmäisessä vaiheessa estimoitettiin ns. täysi malli (kaikki selittäjät mukana), niin selittävät muuttujat olivat samat eri puustotunnusmallien välillä. Siksi estimoinnin lopputuloksena saatiin OLS-malli (pienimmän neliösumman malli eli *Ordinary Least Squares*) yhtäaikaisesta SUR-mallin sovittamisesta huolimatta (ks. Zellner 1962). Vasta, kun selittävät muuttujat vaihtelivat mallien välillä (lopulliset mal-

lit), voitiin SUR-estimoinnissa hyödyntää mallien virheiden välistä korreloituneisuutta käyttäen GLS-menetelmää (yleistetty pienimmän neliösumman menetelmä eli *Generalized Least Squares*).

3 Tulokset

3.1 Metsikkötason mallit valta- ja keskipituudelle sekä runkoluvuille

Mallien perustasoksi valittiin aineiston tyypillinen taimikko, eli tuoreen kankaan äestetty männyn istutusala. Perustasoksi valittu tuore kangas (MT) sopii sekä männyn että kuusen uudistamiseen. Muut kasvupaikat (lehtomainen, OMT ja kuivahko kangas, VT), uudistamismenetelmät (luontainen ja kylvö), maanpinnan käsittelyt (muokkaamaton, laikutettu, mätästetty, aurattu ja kulotettu) ja taimikonhoito sekä pääpuulaji kuusi lisättiin täyden mallin selittäjiksi dummy-muuttujina.

Keskipituuden täydessä mallissa tilastollisesti ei-merkitsevät muuttujat olivat muokkaamaton (Ei_muok) ja laikutus (taulukko 1). Siten pintamuokkausmenetelmät laikutus ja äestys eivät eronneet toisistaan. Keskipituuden kehityksen kannalta mätästys (+27%) vaikutti parhaalta muokkausmenetelmältä. Mätästetyt alat olivat pääsääntöisesti lehtomaisen kankaan kuusen istutuksia. Lisäksi kaksi männyn taimikkoa oli mätästetty. Kulotuksia oli tehty vain Lapissa ja sen vaikutus keskipituuden kehitykseen oli myönteinen (+28%). Metsikön pääpuulajin valtapituus on lähinnä iän, sijainnin, puulajin, uudistamismenetelmän ja kasvupaikan funktio. Maanpinnan käsittely tai taimikonhoito ei vaikuttanut tilastollisesti merkitsevästi valtapituuteen (taulukko 1). Runkoluvun malleissa taas erilaiset muokkausmenetelmät vaikuttivat pääpuulajin runkolukuun, mutta syntynyt lehtipuuston määrä eri muokkausmenetelmillä ei eronnut tilastollisesti äestetyksen perustasosta. Sen sijaan muokkaamattomuus vähensi sekä pääpuulajin että lehtipuuston runkolukua. Kylvökohteilla pääpuulajin tiheys ($\ln N$) oli keskimääräistä suurempi ja lehtipuuston tiheys ($\ln Nlp$) vastaavasti pienempi (ks. taulukko 1).

Lopulliset SUR-mallit sisälsivät vain merkitseviä selittäjiä, paitsi OMT-dummy keskipituusmallissa

Taulukko 1. Täydet OLS-mallit taimikon pääpuulajin keski- (H) ja valtapituutta (H_{dom}) sekä runkolukua (N) ja lehtipuuston runkoluku (N/p) selittävistä tekijöistä. Tilastollisesti ei-merkitsevät selittäjät on varjostettu harmaalla.

Malli	lnH	Std	lnH _{dom}	Std	lnN	Std	lnN/p	Std
Vakio	2,481	0,312	3,036	0,207	8,002	0,620	6,223	1,157
1/(T+10)	-50,280	5,722	-52,238	3,801	2,478	11,359	12,756	20,101
LS/1000	0,859	0,192	0,846	0,127	-0,074	0,381	1,449	0,709
Kuusi	-0,383	0,092	-0,222	0,061	0,007	0,183	-0,003	0,341
OMT	0,097	0,149	0,101	0,099	0,039	0,295	-0,025	0,551
VT	-0,224	0,069	-0,114	0,046	0,063	0,137	-0,699	0,252
Luont	-0,555	0,097	-0,227	0,064	0,831	0,193	-0,080	0,360
Kylvö	-0,237	0,075	-0,139	0,050	0,283	0,148	-0,664	0,275
Ei_muok	0,107	0,152	0,056	0,101	-0,748	0,302	-1,337	0,565
Laikutus	0,115	0,105	-0,046	0,070	-0,542	0,209	-0,068	0,384
Mätästys	0,265	0,113	0,072	0,075	-0,705	0,224	0,003	0,418
Aoraus	0,120	0,087	0,022	0,058	-0,582	0,173	0,051	0,322
Kulutus	0,278	0,138	0,072	0,092	-0,112	0,274	0,533	0,511
Thoito	0,115	0,074	0,019	0,049	-0,439	0,147	0,569	0,272
H _{dom} Vesal/H _{dom}	-0,189	0,097	-0,185	0,065	0,059	0,193		
R ² (RMSE)	0,805	(0,207)	0,878	(0,133)	0,646	(0,416)	0,402	(0,857)

Taulukko 2. Lopulliset SUR-mallit pääpuulajin keski- ja valtapituuden sekä runkoluvun ja lehtipuuston runkoluvun selittämiseksi. Selitysaste ja mallin keskivirhe (RMSE) on poimittu SUR-mallin ensimmäisen askeleen OLS-estimoinnista.

Malli	lnH	Std	P > t	lnH _{dom}	Std	P > t	lnN	Std	P > t	lnN/p	Std	P > t
Vakio	2,588	0,235	<,0001	3,135	0,109	<,0001	8,083	0,123	<,0001	7,057	0,526	<,0001
1/(T+10)	-51,23	5,076	<,0001	-52,84	3,032	<,0001						
LS/1000	0,820	0,170	<,0001	0,815	0,100	<,0001				1,132	0,456	0,015
Kuusi	-0,364	0,085	<,0001	-0,210	0,052	0,0001						
OMT	0,161	0,138	0,245	0,151	0,085	0,079						
VT	-0,219	0,063	0,001	-0,120	0,039	0,003				-0,689	0,182	0,0003
Luont	-0,564	0,089	<,0001	-0,239	0,054	<,0001	0,848	0,157	<,0001			
Kylvö	-0,233	0,070	0,001	-0,137	0,043	0,002	0,276	0,123	0,027	-0,495	0,188	0,010
Ei_Muok							-0,762	0,263	0,005	-0,894	0,488	0,071
Laikutus	0,157	0,069	0,025				-0,507	0,185	0,008			
Mätästys	0,178	0,074	0,018				-0,709	0,170	<,0001			
Aoraus	0,095	0,056	0,094				-0,571	0,122	<,0001			
Kulutus	0,192	0,086	0,028									
Thoito	0,098	0,048	0,044				-0,476	0,100	<,0001	-10,42	4,105	0,013
Thoito/(Thaika+1)										-142,6	47,06	0,003
Thoito/(Thaika+5)										358,1	119,7	0,004
H _{dom} Vesal/H _{dom}	-0,198	0,094	0,039	-0,212	0,060	0,001						
Ajoitus										-0,060	0,028	0,037
R ₂ (RMSE)		0,811	(0,230)		0,866	(0,151)		0,655	(0,440)		0,483	(0,771)

(taulukko 2). Valtapituusmallissa OMT ja mätästys olivat vaihtoehtoisia selittäjiä valtapituudelle. Molemmat olivat erikseen merkitseviä, mutta yhtäaikaaisesti mallissa ollessaan ne muuttuivat ei-merkitseviksi ($P > 20\%$). Näistä OMT valittiin lopulliseen malliin selittäjäksi (taulukko 2). Maanpinnan käsittelyjen estimoidut vaikutukset keskipituuteen

laskivat täyteen malliin verrattuna, mutta paremmuusjärjestys säilyi ennallaan. Eniten pituuskehitystä edistivät mätästys ja kulutus (18–19%). Lisäksi SUR-estimoinnissa laikutus (+16%) muuttui merkitseväksi keskipituuden selittäjäksi.

Vesakon pituuskilpailu vaikutti havupuiden pituuskehitykseen. Hoitamattomissa taimikoissa pi-

tuuskilpailu muuttujan ($HdomVesalHdom$) arvo oli keskimäärin 0,7 (vaihteluväli 0,2–1,6) ja hoidetuissa 0,4 (0–1,2). Vesakon valtapituus oli pääpuulajin valtapituutta keskimäärin 30 % pienempi, kun varsinaista taimikonhoitoa ei ollut tehty ja 60 % pienempi hoidetuissa taimikoissa. Nämä pituussuhteet viittaavat siihen, että varhaisperkaus oli useimmissa taimikoissa tehty, mutta siitä ei ollut saatavissa toteutustietoja.

Mallin mukaan taimikonhoito lisäsi lehtipuuston lukumäärää. Tämä näkyi myös aineistosta lasketuissa keskimääräisissä tunnuksissa. Vesakon ja siemensyntyisen lehtipuuston määrä oli hoitamattomissa taimikoissa keskimäärin 10800 ha⁻¹ (433–43667 ha⁻¹) ja hoidetuissa 14120 ha⁻¹ (0–50867 ha⁻¹). Kuusikoissa vesakkoa oli lähes kaksinkertainen määrä (19600 ha⁻¹) mäntytaimikoihin verrattuna (9095 ha⁻¹). Kun vesaryhmä käsiteltiin yhtenä lehtipuuna, lehtipuuston runkoluvut olivat kuusikoissa 6775 ha⁻¹ ja männiköissä 3585 ha⁻¹. (Liitteen 1 ja 2 runkoluvut ovat pienempiä, koska ne ovat vain vesasyntyisten lehtipuiden runkoluja).

Estimoitujen parametrien arvot muuttuivat yleensä melko vähän, kun ei-merkitsevät selittäjät tiputettiin pois täydestä mallista ja mallit estimoitiin SUR-menettelmällä (vrt. taulukko 1 ja 2). Osittain tämä johtui mallien virheiden välisistä heikoista korrelaatioista. Vain keski- ja valtapituusmallien virheet olivat selvästi korreloituneita keskenään ($r = 0,74$). Laikutusta lukuun ottamatta maanpinnan käsittelyn estimoidut vaikutukset pienenevätkin selvästi täysien OLS-mallien parametrien arvoista ja toisaalta OMT vaikutus kasvoi 10 %:sta 15–16 %:iin keskipituusmallissa.

3.2 Puutason pituusmalli

Aineistosta analysoitiin logaritmista yksittäisen puun pituutta ($\ln(h)$) sekamallilla, joka otti huomioon puukohtaisia muuttujia (puulaji, puun syntytyapa, terveys, kasvualusta) ja metsikkötason kovariaattina oli taimikon pääpuulajin keski-ikä. Lisäksi metsikkötason muuttujista tärkeitä olivat lämpösumma, vesakon pituuskilpailu ja muokkaamaton taimikko. Puutason tarkastelussa mielenkiinto kohdistui taimen kasvualustaan eli tarkasteltavan puun asemaan suhteessa metsikössä tehtyyn muokkaukseen.

Osassa aineistoa tätä ei enää voitu varmasti tunnistaa ja se oli jätetty arvioimatta, jolloin se jätettiin analyysistä pois. Lopulta puukohtainen tarkastelu sisälsi 61 metsikköä.

Puukohtainen kasvualusta voi olla muokkaamaton ehjä maan pinta (Ehjä), äestyksen tai laikutuksen paljastama kivennäismaan pinta, mätäs tai aurauksen palle tai piennar. Äestysjälki ja laikutuksen laiku yhdistettiin pintamuokkaukseksi, joka oli samalla mallin perustaso. Äestys- ja laikutusalioilla taimi on samanlaisessa asemassa, käytännössä lähes tasapinnalla lähiympäristöön verrattuna, kun vain humus on poistettu kivennäismaan paljastavassa pintamuokkauksessa. Sen sijaan aurauksen piennar on syntynyt syvämuokkauksen yhteydessä, joten taimen ympärillä mikrotopografia on erilainen kuin äestyksessä ja laikutuksessa. Kohopintoja ovat mätäs ja palle, kun taas painuma voi olla mätästykseen laikkukuoppa tai aurausvaon pohja. Painumia oli aineistossa vähän ja ne olivat kaikki laikkumätästykseen laikkuja (28 kpl).

Selitysmallissa istutus aurattuun maanpintaan vaikutti positiivisesti puun pituuteen, oli taimi sitten palteessa (+11 %) tai pientareella (+18 %) pintamuokkauksen perustasoon verrattuna. Myös mättäällä oli lähes vastaava vaikutus (+17 %). Ehjä maanpinta ei eronnut merkitsevästi pintamuokkauksesta (+1,5 %) eikä myöskään painuman negatiivinen (–7,5 %) vaikutus ollut tilastollisesti merkitsevä. Kun muokkaus kuvattiin puutasolla taimen kasvualustana, metsikkötason maanmuokkauksenkäsittelyt menettivät merkityksen.

Metsikkötason muuttujista vesojen pituuskilpailu ($HdomVesalHdom$) ja taimikon muokkaamattomuus (–41 %) olivat merkitsevästi puun pituuskehitystä hidastavia tekijöitä. Huomionarvoista oli, että puun pituuden mallissa kasvupaikkatyypit (OMT ja VT) olivat tilastollisesti ei-merkitsevä muuttujia. Kulutus maanpinnan käsittelynä koski kaikkia taimia, ei pelkästään viljeltyjä. Sen estimoitu vaikutus (+23 %) ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevä ($P = 0,20$). Vaikka puutason pituusmallissa metsikkötason muuttuja muokkaamaton (Ei_muok) osoitti selvästi negatiivista vaikutusta (–41 %), niin puun kasvaminen ehjällä metsämaan pinnalla ei eronnut pintamuokkauksen perustasosta. Mallin mukaan aurauksen piennar ja mätäs olivat edullisimmat kasvualustat tuoden keskimäärin lähes 20 %:n lisän puun pituuteen. Puun pituuden keskineliövirheen neliö-

Taulukko 3. Puutason selitysmalli puun kasvualustan vaikutuksesta puun pituuteen. Harmaalla varjostettuna ovat tilastollisesti ei-merkitsevät tekijät. $S(u)$ ja $S(e)$ ovat satunnaisen metsikön ja jäännöstermin keskihajonnat.

	$\ln(h)$	Std	$P > t $
Vakio	2,802	0,265	<,0001
$1/(T+10)$	-54,734	5,776	<,0001
LS/1000	0,874	0,207	<,0001
Kuusi	-0,255	0,041	<,0001
OMT	-0,024	0,152	0,8742
VT	-0,099	0,066	0,1317
<i>HdomVesa/Hdom</i>	-0,261	0,116	0,0251
Ei_Muok	-0,411	0,250	0,100
Kulotus	0,229	0,179	0,2021
Luont	-0,484	0,039	<,0001
Kylvö	-0,406	0,056	<,0001
Lievä	-0,101	0,050	0,0434
Vakava	-0,189	0,053	0,0003
Ehjä	0,015	0,036	0,6844
Palle	0,109	0,058	0,0609
Piennar	0,183	0,059	0,0019
Mätäs	0,168	0,059	0,0043
Painuma	-0,075	0,108	0,489
$S(u)$	0,225		
$S(e)$	0,288		
RMSE	0,366		

juuri (RMSE) oli 0,37 ja metsikkötason hajonta 23 %, kun jäännösvirheen hajonnaksi jäi 29 %.

Analyysissä ei ollut mukana kuolleita, kaatuneita tai katkenneita puita, mutta terveydeltään lievästi heikentyneet ja vaurioituneet taimet olivat. Ne kehittyivät merkittävästi terveitä puita hitaammin. Muokkaamattomalla pinnalla taimet olivat kärsineet hieman enemmän hirvituhoista (6 %) kuin suurimmalla osalla muokkauksia (1–3 %) pois lukien mätäs (9 %). Lumituhoja tavattiin suhteellisesti eniten mätäillä (5 %) ja auran palteessa (3 %). Kasvillisuuden kilpailu (2 %) ja ilmasto- tai maaperätekijä (4 %) esiintyivät tuhon syynä merkittävämmän vain männyn taimilla äestetyllä pinnalla. Edellä mainittu ilmasto- tai maaperätekijä voi ilmetä esim. hallan vikuuttamana neulasistona, pakkashalkemana rungossa, seisovan veden tai kuivuuden aiheuttamana tuhona tai ravinnehäiriönä. Vakavaksi luokiteltuja tuhoja ilmeni muokkaamattomalla pinnalla ja laikuissa 7–8 % ja lisäksi aurauksen palteessa ja pientareella 3–4 %. Mallitusaineiston ulkopuolelle jätettyjä kuolleita taimia tavattiin muokkaamattomilla ja pintamuokatuilla aloilla.

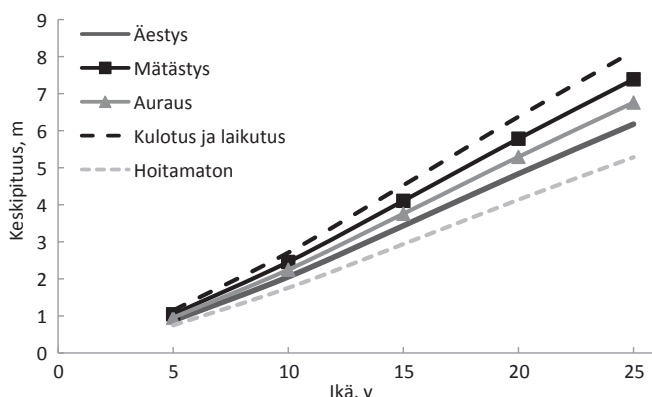
4. Mallien tarkastelu

4.1 Keskipituusmallin vertailu

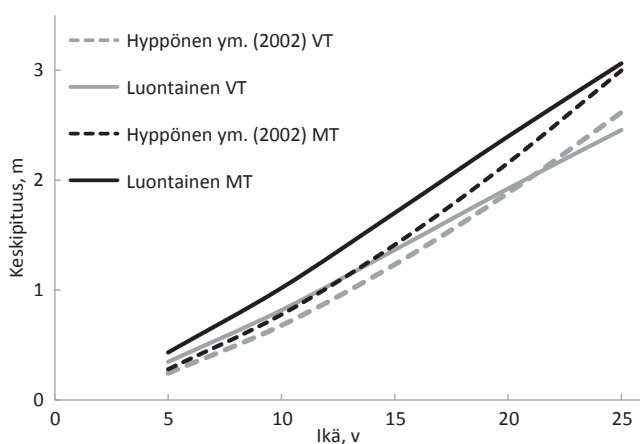
Koska tutkimusaineistossa kulotusta oli käytetty vain Lapissa, tarkasteltiin eri maanpinnan käsitteilyiden vaikutusta keskipituuteen Lapissa lämpösumma-arvolla 820 °C_{vrk}, joka oli Hyppösen ym. (2002) aineiston keskiarvo luontaisen uudistamisen tutkimuksessa (ks. kuva 1). Äestys oli Lapissakin yleinen menetelmä ja kulotukseen oli usein yhdistetty pintamuokkausmenetelmä, äestys tai laikutus. Nopein pituuskehitys saatiin kulotuksen ja laikutuksen yhdistelmällä (kuva 1). Mätästys oli laaditun mallin mukaan hieman aurausta ja äestystä parempi vaihtoehto pituuskehityksen kannalta. Pelkän laikutuksen vaikutusta ei ole kuvassa, mutta se osui mätästykseen ja aurauksen väliin. Hoitamaton taimikko kuvattiin aineiston keskimääräisellä vesakon pituuskilpailulla eli *HdomVesa/Hdom* sai arvon 0,7 hoitamattomassa äestetyssä taimikossa. Sen aiheuttama pituuskehityksen taantuminen oli ilmeinen. Todellakin, 25-vuotias hoitamaton taimikko oli saavuttanut 5,3 m keskipituuden, kun samalla paras, laikutetun kulotusalan hoidettu taimikko oli keskipituudeltaan 8,1 m (kuva 1).

Luontaisesti uudistettujen taimikoiden keskipituuden kehitystä verrattiin Hyppösen ym. (2002) pituusmalliin äestetyllä VT- ja MT-kasvupaikalla (kuva 2). Mallien muoto oli hieman erilainen logaritmiselle keskipituudelle, koska Hyppösen ym. (2002) käytti logaritmistä ikää, $\ln(T)$, ja tässä työssä käytettiin muunnosta $1/(T + 10)$, kuten Siipilehto (2011). Todennäköisesti Hyppösen ym. (2002) malli männyn keskipituuden alkukehityksestä on tarkempi, koska nyt käsiteltävässä aineistossa oli vain kaksi havaintoa alle kymmenvuotiaista taimikoista. Kun oletettiin pituuskilpailuksi 0,6 (hoidetun ja hoitamattoman taimikon välimuoto), niin molemmilla malleilla keskipituudet 25-vuoden iällä olivat lähes samat, VT 2,5 m ja MT 3,1 m ja vastaavasti Hyppösen ym. (2002) mukaan 2,6 m ja 3,0 m (kuva 2).

Mätästys oli analysoidun taimikkoaineiston perusteella paras muokkausmenetelmä (ks. taulukko 2). Mätästys kuuluu syvämuokkausmenetelmiin ja sitä käytetään yleisesti rehevillä kuusen istutusaloilla. Myös mustikkatyypillä mätästetyiltä aloilta on ai-



Kuva 1. Männyn keskipituuden kehitys erilaisilla uudistusmenetelmillä Lapissa (820°Cvrk). Taimikonhoito oletettiin tehdyksi, jolloin vesakon pituuskilpailu sai arvo 0,4, paitsi hoitamattomassa (äestys, ei taimikonhoitoa) se sai arvon 0,7.

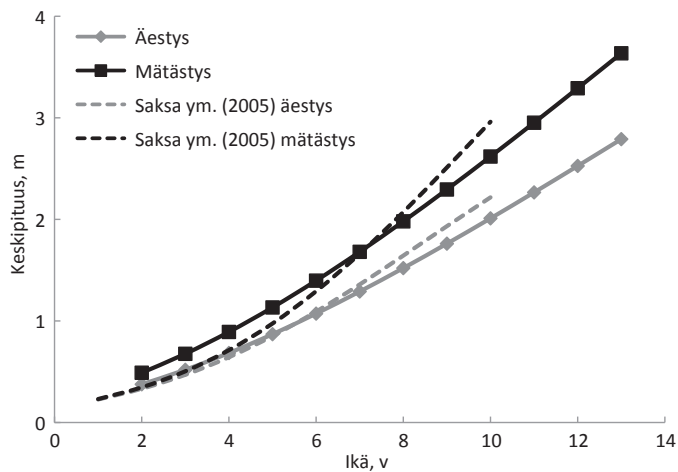


Kuva 2. Luontaisesti syntyneen männyn keskipituuden kehitys äestetyllä VT ja MT kankaalla Lapissa. Vertailuna Hyppösen ym. (2002) malli luontaisesti uudistetun männyn keskipituudesta Lapissa. Lämpösomma 820°Cvrk oli Hyppösen ym. (2002) aineiston keskiarvo.

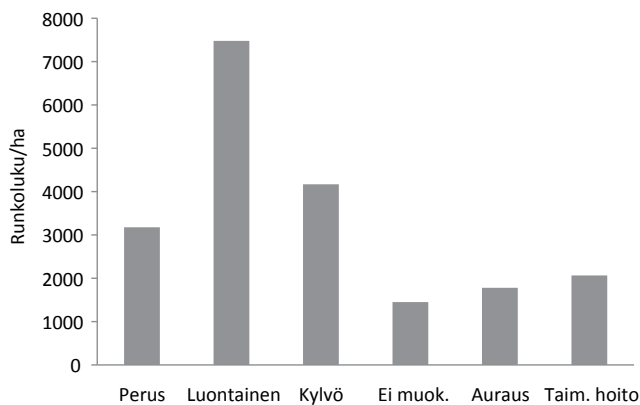
kaisemminkin tavattu äestettyä tai muokkaamatonta alaa nopeampi kuusen keskipituuden kehitys (ks. Saksa ym. 2005b, Heiskanen ym. 2013). Laaditun mallin tuloksia onkin verrattu Saksan ym. (2005b) pituuskasvumallin tuloksiin mustikkatyypillä (MT) Etelä-Suomessa (kuva 3). Saksan ym. (2005b) aineisto loppui kymmenen vuoden ikävaiheille, mutta siinä vaiheessa istutetun kuusen paakkutaimen keskimääräinen pituuskehitys näyttää olevan nopeampaa, kuin tässä tutkimuksessa laadituilla malleilla. Kuitenkin ero mätästykseen ja äestysten välillä on samaa suuruusluokkaa (n. 60–70 cm) 10-vuoden iällä (kuva 3). Toisaalta malleilla saadut pituuden alkukehitykset ovat melko samanlaisia huolimatta siitä, että tämän tutkimuksen aineistossa oli vain muutama alla 10-vuotias taimikko. Alle 6-vuoden ikäisissä taimikoissa laadittua mallia sovellettiin aineiston ulkopuolella.

4.2 Pääpuulajin ja lehtipuuston runkoluku

Metsikön ikä, lämpösomma, pääpuulaji tai metsätyyppi ei selittänyt taimikon pääpuulajin runkolukua. Tässä tutkimuksessa laaditun perusmallin mukaan odotusarvo eli männyn (tai kuusen) istutus äestetyille uudistusalueille tuotti taimikon runkoluvuksi 3180 ha^{-1} . Luontaisen uudistamisen tuottama keskimääräinen runkoluku oli noin 7500 ha^{-1} ja kylvön noin 4200 ha^{-1} . Muokkaamattomassa maassa runkoluku oli pienin, 1450 ha^{-1} ja hoidetuissa taimikoissa pääpuulajin runkoluku asettui keskimäärin tiheyteen 2050 ha^{-1} (kuva 4). Mallin mukaan vaihtoehtoisilla muokkausmenetelmillä pääpuulajin runkoluku oli selvästi äestystä pienempi: laikutus 1900 ha^{-1} , mätästys 1570 ha^{-1} ja auras 1780 ha^{-1} . Koska mätästys oli pääasiallisesti kuusen uudistusmenetelmä, pienempi tiheys heijasteli myös kuusen mäntyä pienempää istutustiheyttä.



Kuva 3. Kuusen istutus äestettyyn tai mätästettyyn MT kivennäismaahan. Vertailuna Saksan ym. (2005b) pituuskasvumallin mukainen kehitys kuusen paakkutaimelle. Lämpösukka 1230 °Cvrk oli Saksan ym. (2005b) aineiston keskiarvo.

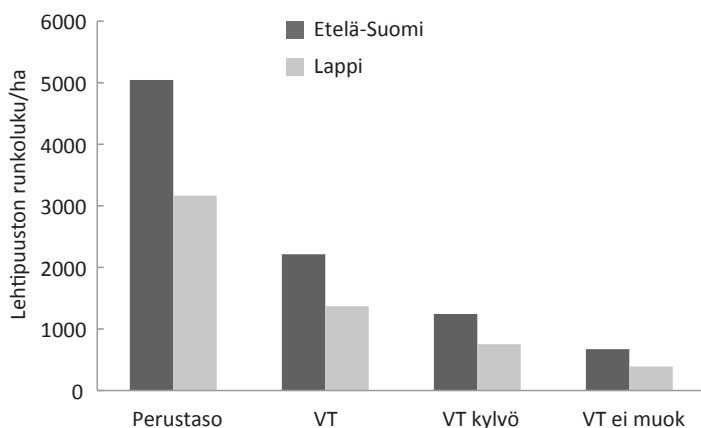


Kuva 4. Pääpuulajin keskimääräinen runkoluku mallin odotusarvona (Perus = äestys ja männyn tai kuusen istutus) ja eri syntytyvoilla, muokkaamattomalla ja auratulla alalla sekä hoidetussa taimikossa.

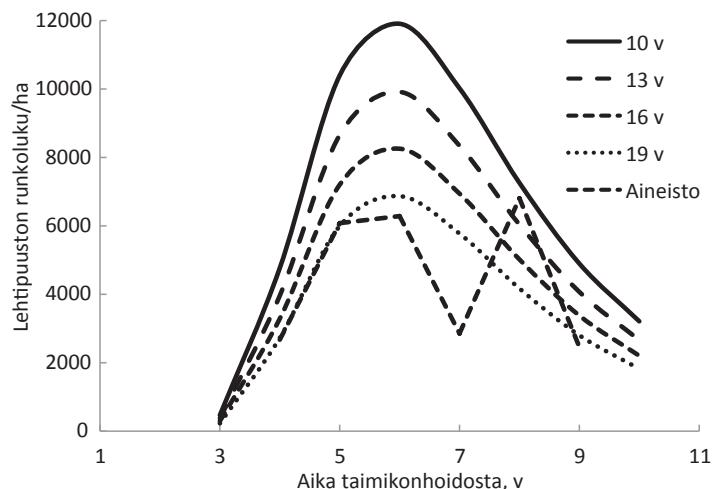
Tarkastellaan lehtipuuston määrää Keski-Suomessa (aineiston lämpösunnan keskiarvo 1050 °Cvrk) mallin perustasolla, muokatuilla/muokkaamattomilla ja hoidetuissa/hoitamattomissa taimikoissa. Malli kuvaa aineiston keskimääräistä lehtipuuston määrää, mutta sitä ei voi pitää käsittelyjen osalta syy-seuraussuhteiden mallina. Esimerkiksi kylvä toimenpiteenä ei vähennä vesakon määrää vaan sopivilla kylväkohteilla vesakon määrä oli tyypillisesti pienempi kuin esimerkiksi istutuskohteilla. Toisaalta taimikon hoidossa poistetaan lehtipuustoa, mutta se voi samalla lisätä vesotumista ja luoda kasvutilaa uusille taimille. Tässä mallissa vesaryhmä käsiteltiin yhtenä runkona. Lehtipuuston määrän suurta vaihtelua on tyypillisesti vaikea selittää. Laadittu malli selitti kuitenkin noin 48 % aineiston lehtipuuston määrän vaihtelusta.

Mallin perustason mukaan tuoreilla ja lehtomaisilla kankailla lehtipuiden määrä oli keskimäärin 5045 ha⁻¹ Etelä-Suomessa ja 3165 ha⁻¹ Lapissa, kun taimikkoa ei hoidettu (kuva 5). Hoitamattomissa kivaikkojen kankaiden (VT) taimikoissa lehtipuustoa oli selvästi vähemmän, nimittäin 2215 ha⁻¹ Etelä-Suomessa ja 1370 ha⁻¹ Lapissa. VT-kylväkohteilla lehtipuuston runkoluvut olivat edelleen pienempiä (1245 ja 755 ha⁻¹) ja lopulta muokkaamattomilla VT-uudistusaloilla mallin mukaiset lehtipuuston määrät olivat vain 670 ja 390 ha⁻¹ (kuva 5).

Lehtipuuston määrää on syytä tarkastella mallin kuvaaman dynamiikan avulla, eli taimikonhoidon ajoituksen ja taimikonhoidosta kuluneen ajan funktiona. Hoidetuissa taimikoissa lehtipuuston määrä saavutti maksimitiheyden kuusi vuotta hoidon jälkeen (kuva 6). Taimikonhoidon ajoitus vaikutti mer-



Kuva 5. Lehtipuuston määrä erilaisilla uudistusaloilla Etelä-Suomessa (lämpösukka 1250 °Cvrk) ja Lapissa (900 °Cvrk). Perustaso on muokattu OMT tai MT kangas ilman taimikonhoitoa.



Kuva 6. Taimikkoon syntyvän lehtipuuston määrä taimikonhoidosta kuluneen ajan funktiona, kun taimikonhoito on ajoitettu 10–19 vuoteen taimikon perustamisesta. Malli kuvaasi muokattua MT kangasta Keski-Suomessa (1050 °Cvrk). Aineiston keskimääräinen kehitys on MT kankaan tasoa hieman alempana.

kitsevästi syntyvän lehtipuuston määrään. Esimerkiksi Keski-Suomessa (1050 °Cvrk) lehtipuustoa oli maksimissaan noin 12000 ha⁻¹, kun taimikonhoito tehtiin 10 vuotta taimikon perustamisesta ja noin 8000 ha⁻¹, kun hoito tehtiin 16 vuotta perustamisesta (kuva 6). Aineiston keskimääräisen kehityksen murtoviivassa oli huomattava, että taimikonhoidosta kuluneen ajan ollessa pieni (4 v), oli ajoitus samalla myöhäinen (19 v) ja päinvastoin, taimikonhoidosta kuluneen ajan ollessa suuri (9 v), ajoitus oli aikainen (10 v). Lisäksi runkoluvun notkahdus 7 vuotta taimikonhoidosta saattoi johtua pienestä havaintojen määrästä, vain 3 kpl. Lopultakin tämä käyräviivainen lehtipuuston dynamiikkaa kuvaava osuus paransi mallin selitysstastetta noin 8 %. Myöhennet-

ty taimikonhoidon ajoitus merkitsi myös sitä, että mittaushetkellä kasvatettava havupuusto oli selvästi lehtipuustoa pidempi.

5 Tulosten tarkastelu

Logaritmimuunnosta tarvittiin lineaarisissa malleissa sekä metsikkö- että varsinkin puutasolla virhevaihtelun homogenisoimiseksi. Sekä alkuperäisen että kokeillun neliöjuurimuunnetun (vrt. Miina ja Saksa 2008) keski- ja valtapituuden sekä puun pituden virhevaihtelu oli heteroskedastista eli virhevaihtelu kasvoi vasteen arvon kasvaessa. Logaritmi-

muunnos merkitsi tulomuotoista mallia ja samalla mallin muoto vastasi MOTTI-ohjelmiston puustotunnusmalleja (ks. Siipilehto 2006, Siipilehto ym. 2014b), jotka perustuvat laajaan TINKA- ja INKA-aineistoon. Siten MOTTI-ohjelmistoa voidaan tarvittaessa täydentää saaduilla tuloksilla maanmuokkauksen vaikutuksista pituustunnusten iän mukaiseen kehitykseen. Nyt analysoitu taimikkoaineisto oli selvästi suppeampi kuin TINKA-aineisto, mutta toisaalta taimikot oli uudistettu nykyaikaisin menetelmin ja mitattu tarkasti tällaista tarkastelua varten. Esimerkiksi mätästystä ei ollut TINKA-aineistossa lainkaan, kun taas tarkastellussa aineistossa sitä oli käytetty aina, kun kuusi oli istutettu lehtomaiselle kasvupaikalle. Erilaiset maanpinnan käsittelymenetelmät olivat melko hyvin edustettuna ja siten muokausmenetelmien vaikutukset olivat paremmin arvioitavissa kuin 1970- ja 1980-luvuilla perustetuissa INKA- ja TINKA-aineistoista.

Se että taimen kasvuympäristö oli muokkaamaton, ehjä metsämaan pinta, ei merkinnyt perustasoa heikompaa pituuskehitystä terveillä taimilla. Samankaltainen tulos on saatu järjestetyssä kokeessa, jossa kuusen taimet oli istutettu muokkaamattomaan maahan tai erikorkuisiin mätäisiin (Heiskanen ym. 2013) tai äestykseen (Johansson ym. 2005). Käsitellyssä aineistossa ei ollut suuria ongelmia puiden terveydentilassa. Erilaisia tuhoja esiintyi alle 10%:ssa inventoituja havupuun taimia. Eniten hirvituhoja tavattiin mätäillä (ks. Jalkanen ym. 2005) ja muokkaamattomalla pinnalla, lumituhoja mätäillä ja auran palteessa ja kasvillisuuden kilpailun tai ilmaston/maaperätekijän aiheuttamia tuhoja äestyksessä.

Kulotusta oli käytetty vain Lapissa ja se osoitautui edulliseksi puuston rakenteen tasoittumisen kannalta eli keskipituus lähestyi valtapituutta. Kulotuksen yhteydessä maanpintaa ei joko muokattu tai käytettiin pintamuokausmenetelmiä (äestys/laikutus). Pohtila ja Pohjola (1985) totesivat männyn kylvön sopivan hyvin yhteen kulotuksen kanssa parantaen elonjäämistä ja edistämällä pituuskehitystä. Myös Mäkitalon (2009) mukaan kulotuksella oli suotuisa vaikutus männyn luontaiseen uudistumiseen Lapissa. Pitkäsen ym. (2005) mukaan kulotus ilman muokkausta ei takaa kylvön onnistumista, mutta Takasen (2010) mukaan kulotus voi korvata maanmuokkauksen. Lapissa saatua kulotuksen

voimakasta vaikutusta kasvuun ei sellaisenaan voi yleistää koko Suomeen (ks. Levula ym. 2004). Kasvun edistämisen sijaan Etelä-Suomen kulotuksilla pyritään edistämään luonnon monimuotoisuutta (esim. Berglund ym. 2011).

Kylvö onnistuu äestettyyn tai aurattuun maahan, mutta mätästykseen ja laikutukseen yhteydessä on saatu huonoja tuloksia (Wall ja Kubin 2000, Kinnunen 2002). Auraus ja istutus olivat Pohtilan ja Pohjolan (1985) suositus Lapin uudistusaloille ja se näyttäisi tämän aineiston perusteella vielä 1980- ja 1990-luvuilla olleen vallitseva menetelmä (ks. Hallikainen ym. 2004). Nykyään mätästys on korvannut aurauksia Lapin kosteilla uudistuskohdeilla (Mäkitalo 1999, 2009). Myös luontainen uudistaminen onnistuu, kunhan maa muokataan Lapin tuoreilla ja kuivahkoilla kankailla (Hyppönen ym. 2002). Sen sijaan luontainen uudistaminen tai kylvö käsittelemättömään maahan on epävarma menetelmä koko Suomessa (esim. Kinnunen ja Nerg 1982, Pitkänen ym. 2005, Kankaanhuhta ym. 2009, Takanen 2010), vaikka Lapin männiköihin onkin syntynyt kehityskelpoista alikasvosta pitkän ajan kuluessa ilman aktiivista uudistamista (ks. Hyppönen 2002, Hyppönen ja Hyvönen 2000). Myöskään metsänrajan läheisyydessä Hallikainen ym. (2007) eivät havainneet eroa männyn luontaisessa uudistumisessa muokkaamattomien ja muokattujen kohteiden välillä. Muistutettakoon, että auraus oli vain Pohjois-Suomessa käytetty menetelmä, eikä aurauksesta saatua tulosta tule siten soveltaa Etelä-Suomessa.

Tässä tutkimuksessa laaditun selitysmallin mukaan muokkaamattomassa maassa runkoluku oli pienin, mutta se oli kuitenkin 1500 ha^{-1} (kuva 4). On syytä muistaa, että epäonnistuneet uudistamiskohteet oli rajattu otannan ulkopuolelle. Myös mätästyksessä tiheys oli pienekkö, n. 1600 ha^{-1} . Koska se oli lähellä kuuselle suositeltua istutustiheyttä, niin mätästystä voidaan pitää onnistuneena muokausvaihtoehtona. Saadut tulokset eivät vastaa Miinan ja Saksan (2008, 2013b) taimitiheyksiä juuri perustetuissa männyn- ja kuusentaimikoissa, joissa tiheydet vaihtelivat vähemmän uudistamismenetelmän mukaan ja toisaalta laikutus ja mätästys pääsääntöisesti lisäsivät pääpuulajin tiheyttä suhteessa äestykseen. Sen sijaan muokkaamaton pinta merkitsi pienempää tiheyttä myös Miinan ja Saksan (2008, 2013b) tutkimuksissa. Lehtosalon ym. (2011) mukaan laikku-

mätästetyillä aloilla mätäspinta taimettui pidemmän ajan kuluessa kuin laikku, mikä johti lopulta mättään huomattavan suureen lehtipuun tiheyteen.

Taimikkotutkimusten yhteinen piirre on taimikkoon syntyvän taimiaineuksen määrän suuri satunnaisvaihtelu, on kyseessä sitten kasvatettava pääpuulaji tai ei-toivottu vesakko. Uudistamisen tavoitettavuutta ei läheskään aina saavuteta ja taimikoiden sisäinen vaihtelu voi olla huomattavan suurta (ks. Hyppönen ym. 2001, 2002, Saksa ym. 2005a, Saksa ja Nerg 2008). Luorasan ym. (2007) mukainen eri muokkausmenetelmien rikkoman maanpinnan suhteellisen osuuden olettaisi korreloivan syntyviin taimitiheyksiin. Näin olikin turvekankaiden uudistusaloilla (Siipilehto ym. 2014a), mutta yleisesti pätevää yhteyttä muokkauksen ja syntyvän lehtipuuston määrän välillä ei ole havaittavissa eri tutkimustuloksia vertaamalla. Tässä tutkimuksessa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja lehtipuuston tiheydessä eri muokkausmenetelmien välillä. Sen sijaan muokkaamattomiin taimikoihin tuli selvästi muokattuja taimikoita vähemmän lehtipuustoa.

Hoidetuissa taimikoissa pääpuulajin runkoluku asettui keskimäärin 2000 ha⁻¹. Taimikonhoidon positiivinen vaikutus tuli esiin keskipituuden mallissa. Tehty toimenpide osoittaa hoidon tarvetta, mutta taimikonhoito voi myös edesauttaa luontaista taimetumista ja lisätä vesojen määrää. Tässä aineistossa lehtipuuston määrä hoidetuissa taimikoissa oli keskimäärin suurempi kuin hoitamattomissa taimikoissa. Lehtosalon ym. (2011) tulosten perusteella siemensyntyisen koivun määrä oli suurimmillaan noin 6 vuotta *taimikon perustamisesta*, kun taas tarkastellussa aineistossa lehtipuuston määrä (mukaan lukien vesat) oli suurimmillaan 6 vuotta *taimikonhoidon* jälkeen. Joka tapauksessa taimikonhoito pienentää vesakon pituuskilpailua. Pituuskilpailu osoittautui erittäin merkitseväksi kasvatettavan puuston pituuskehitystä rajoittavaksi tekijäksi ja tässä tutkimuksessa se vaikutti samalla tavalla sekä keski- että valtapituuteen. Yleensä taimikon harvennuksella ei ole voitu vaikuttaa valtapuiden pituuskehitykseen (esim. Ruha ja Varmola 1997, Varmola ja Salminen 2004.) poikkeuksena kylvötuppaiden harvennus (Varmola ym. 1998). Sen sijaan edellä mainittujen tutkimusten mukaan läpimittaan ja laatuun taimikonhoidolla oli vaikutusta. Edellä mainituissa tutkimuksissa kilpailu ei ollut vesakon kilpailua vaan tutkitun männyn eri

kasvatustiheyksiä. Miinan ja Saksan (2013a) perkauskoikkeessa tulokset luontaisen uudistamisen ja kylvön yhteydessä olivat samanlaisia, perkauksella ei ollut vaikutusta taimikon pituuskehitykseen vaan läpimittaan ja puiden terveyteen sekä laatuun. Sen sijaan istutustaimikon perkauksella on voitu vaikuttaa myös valtapituuteen (Miina ja Saksa 2007). Kasvupaikkojen väliset erot olivat tyypillisesti merkitseviä, mutta puutasolla ne eivät olleet merkitseviä johtuen kasvatettavien puiden suuresta pituusvaihtelusta taimikoiden sisällä.

Taimikon pinta-alalla on ollut merkitystä perattavan puuston määrään ja perkaustyön kustannuksiin siten, että pienemmällä uudistusaloilla on ollut pienempi perattavan puuston tiheys (Uotila ym. 2012). Tässä aineistossa pinta-ala ei korreloinut tarkasteltujen tunnusten kanssa. Osittain tämä voi johtua siitä, että otoksen poiminnassa pyrittiin välttämään taimikon reunametsän vaikutusta (ks. Ruuska ym. 2008).

6 Johtopäätökset

Tämän tutkimuksen tärkein tulos oli maanpinnäkäsittelyiden vaikutusten malli männyn- ja kuusentaimikoiden pituuskehitykseen käytännön uudistusaloilla koko maassa. Aineisto oli verrattain pieni luotettavaan tulosten yleistämiseen, mutta tulokset olivat loogisia ja samankaltaisia aikaisempiin tutkimuksiin verrattuna. Saatuja metsikkötason tuloksia voidaan tietyin varauksin liittää MOTTI-ohjelmiston puustotunnusmalleihin, joista maanpinnan käsittelyjen vaikutukset pääsääntöisesti puuttuvat. Jos eri käsittelyt olisivat jakautuneet tasaisemmin koko maahan ja puulajien välille, olisivat tulokset varmemmalla pohjalla. Käytännön uudistusaloilla tällaista aineistoa ei ole saatavilla mm. siksi, että Etelä-Suomessa ei tehdä aurauksia ja että kulotuksesta on tullut hyvin marginaalinen menetelmä.

Kiitokset

Tutkimuksen yhteistyökumppaneita olivat Finsilva, Metsähallitus, Metsämännut, Metsäteho, Tornator, UPM ja metsänhoitoyhdistykset Mhy Kainuu, Mhy

Keskipohja, Mhy Päijänne, Mhy Salla, Mhy Salpausselkä, Mhy Satakunta, Mhy Ylä-Kainuu, Sallan ja Kemijärven yhteismetsät. Esitämme parhaat kiitokset hyvästä yhteistyöstä ja aineiston tarjoamisesta tätä tutkimusta varten. Lisäksi haluamme kiittää kaikkia aineiston keräykseen osallistuneita henkilöitä. Lopuksi kiitämme käsikirjoituksen esitarkastajia hyvistä kommentteista ja perusteellisesti tehdystä työstä.

Kirjallisuus

- Berglund, H., Jönsson, M.T., Penttilä, R. & Vanha-Majamaa, I. 2011. The effects of burning and dead-wood creation on the diversity of pioneer wood-inhabiting fungi in managed boreal spruce forests. *Forest Ecology and Management* 261(7): 1293–1305.
- Bergqvist, G., Bergström, R. & Wallgren, M. 2014. Recent browsing damage by moose on Scots pine, birch and aspen in young commercial forests – effects of forage availability, moose population and site productivity. *Silva Fennica* 48. 13 s. Saatavilla: <http://dx.doi.org/10.14214/sf.1077>.
- Fahlvik, N. & Nyström, K. 2006. Models for predicting individual tree height increment and tree diameter in young stands in southern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* 21(Suppl 7): 16–28.
- Hallikainen, V., Hyppönen, M., Jalkanen, R. & Mäkitalo, K. 2004. Metsänviljelyn onnistuminen Lapin yksityismetsissä vuosina 1984–1995. *Metsätieteen aikakauskirja* 1/2004: 3–20.
- , 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.
- Heiskanen, J., Saksa, T. & Luoranen, J. 2013. Soil preparation method affects outplanting success of Norway spruce container seedlings on till soils susceptible to frost heave. *Silva Fennica* 47, 17 p. Saatavilla <http://www.silvafennica.fi/article/893>.
- Hyppönen, M. 2002. Männyn luontainen uudistaminen siemenpuun menetelmällä Lapissa (väitöskirja). *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 844. 69 s. + 5 osajulk.
- & Hyvönen, J. 2000. Ylispuustoisten mäntytaimikoiden syntyhistoria, rakenne ja alkukehitys Lapin yksityismetsissä. *Metsätieteen aikakauskirja* 4/2000: 589–602.
- , Hyvönen, J., Mäkitalo, K., Riissanen, N. & Mäkitalo, K. 2001. Maanmuokkauksen vaikutus luontaisesti uudistetun männyntaimikon kehitykseen Lapissa. *Metsätieteen aikakauskirja* 1/2001: 5–18.
- , Hyvönen, J. & Valkonen, S. 2002. Männyn luontaisen uudistamisen onnistuminen Lapin yksityismetsissä 1960-, 1970- ja 1980-lukujen siemenpuuhakkuissa. *Metsätieteen aikakauskirja* 4/2002: 559–574.
- Härkönen, S., Miina, J. & Saksa, T. 2008. Effect of cleaning methods in mixed pine-deciduous stands on moose damage to Scots pines in southern Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research* 23: 491–500.
- Jalkanen, R., Aalto, T., Hallikainen, V., Hyppönen, M. & Mäkitalo, K. 2005. Viljelytaimikoiden hirvituhot Lapissa ja Kuusamossa. *Metsätieteen aikakauskirja* 4/2005: 399–411.
- Johansson, K., Söderbergh, I., Nilsson, U. & Allen, H.L. 2005. Effects of scarification and mulch on establishment and growth of six different clones of *Picea abies*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 20: 421–430.
- Kaila, S., Kiljunen, N., Miettinen, A. & Valkonen, S. 2006. Effect of timing of precommercial thinning on the consumption of working time in *Picea abies* stands in Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research* 21(6): 496–504.
- Kankaanhuhta, V., Saksa, T. & Smolander, H. 2009. Variation in the result of Norway spruce planting and Scots pine direct seeding in privately-owned forests in southern Finland. *Silva Fennica* 43(1): 51–70.
- Kinnunen, K. 1999. Tukkimiehentäin tuhojen kemiallinen ja mekaaninen torjunta. *Metsätieteen aikakauskirja* 4/1999: 687–695.
- 2002. Kylvö metsänuudistamismenetelmänä. *Metsätieteen aikakauskirja* 1/2002: 47–49.
- & Nerg, J. 1982. Männyn kylvö- ja luonnontaimikoiden tila Länsi-Suomen yksityismetsissä. *Folia Forestalia* 535. 16 s.
- Korhonen, K.T., Ihalainen, A., Miina, J., Saksa, T. & Viiri, H. 2010. Metsänuudistamisen tila Suomessa VMI10:n aineistojen perusteella. *Metsätieteen aikakauskirja* 4/2010: 425–478.
- 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. Laikkumätästettyjen uudistusalojen vesottuminen. *Metsätieteen aikakauskirja* 1/2011: 46–49.
- Levula, T., Saarsalmi, S. & Rantavaara, A. 2000. Effects of ash fertilization and prescribed burning on macro-nutrient, heavy metal, sulphur and Cs concentrations in lingonberries (*Vaccinium vitis-idaea*). *Forest Ecology and Management* 126: 269–279.
- Levula, J., Levula, T. & Westman, C.J. 2004. Männyntaimikon kehityksen suhde maan ominaisuuksiin käsittelemättömällä ja kulotetulla metsämaalla. *Metsätieteen aikakauskirja* 2/2004: 145–155.
- Luoranen, J., Saksa, T., Finer, L. & Tamminen, P. 2007. Metsämaan muokkausopas. Metsäntutkimuslaitos, Suonenjoen yksikkö. 75 s.
- & Viiri, H. 2012. Soil preparation reduces pine weevil (*Hylobius abietis* (L.)) damage on both peatland and mineral soil sites one year after planting. *Silva Fennica* 46: 151–161
- Miina, J. & Saksa, T. 2007. Cleaning methods in planted Scots pine stands in southern Finland: 4-year results on survival, growth and whipping damage of pines. *Silva Fennica* 41(4): 661–670.
- & Saksa, T. 2008. Predicting establishment of tree seedlings for evaluating methods of regeneration for *Pinus sylvestris*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 23(1): 12–27.
- & Saksa, T. 2013a. Perkauksen vaikutus männyn kylvö- ja luontaisen taimikon kehitykseen ja taimikonhoidon ajanmenekkiin. *Metsätieteen aikakauskirja* 1/2013: 33–34.
- & Saksa, T. 2013b. Predicting establishment of tree seedlings in regeneration areas of *Picea abies*. *Baltic Forestry* 19(2): 187–200.
- Mäkitalo, K. 1999. Effect of site preparation and regeneration method on survival and height growth of Scots pine. *Scandinavian Journal of Forest Research* 14(6): 512–525.
- 2009. Soil hydrological properties and conditions, site preparation, and the long-term performance of planted Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) on upland forest sites in Finnish Lapland. *Dissertationes Forestales* 80. 71 s.
- Mälkönen, E. 2003. Metsämaa ja sen hoito. Metsäntutkimuslaitos. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti.
- Nikula, A., Hallikainen, V., Jalkanen, R., Hyppönen, M. & Mäkitalo, K. 2008. Modelling the factors predisposing Scots pine to moose damage in artificially regenerated sapling stands in Finnish Lapland. *Silva Fennica* 42(4): 587–603.
- Pitkänen, A., Järvinen, E., Turunen, J., Kolström, T. & Kouki, J. 2005. Kulotuksen ja maan muokkauksen vaikutus männyn siementen itämiseen ja kylvötaimien varhaiseen eloonjäätymiseen. *Metsätieteen aikakauskirja* 4/2005: 387–397.
- Pohtila, E. & Pohjola, T. 1985. Maan kunnostus männyn viljelyssä Lapissa. *Silva Fennica* 19(3): 245–270.
- Ruha, T. & Varmola, M. 1997. Precommercial thinning in naturally regenerated Scots pine stands in northern Finland. *Silva Fennica* 31(4): 401–415.
- Ruuska, J., Siipilehto, J. & Valkonen, S. 2008. Effect of edge stand on the development of young *Pinus sylvestris* stands in southern Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research* 23(3): 214–226.
- Saksa, T. 2011. Kuusen istutustaimien menestyminen ja tukkimiehentäin tuhot eri tavoin muokatuilla uudistusaloilla. *Metsätieteen aikakauskirja* 2/2011: 91–105.
- & Miina, J. 2007. Cleaning methods in planted Scots pine stands in southern Finland: 4-year results on survival, growth and whipping damage of pines. *Silva Fennica* 41(4): 661–670.
- & Nerg, J. 2008. Kuusen istutus, luontainen uudistaminen ja näiden yhdistelmät kuusen uudistamisessa. *Metsätieteen aikakauskirja* 4/2008: 255–267.
- , Kankaanhuhta, V., Kalland, F. & Smolander, H. 2005a. Uudistamistuloksen laatu Etelä-Suomen yksityismetsissä ja keskeisimmät kehittämiskohteet. *Metsätieteen aikakauskirja* 1/2005: 67–73.
- , Heiskanen, J., Miina, J., Jaakkola, T. & Kolström, T. 2005b. 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]
- 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.
- & Huttunen, T. 2015. Metsikön todellisen iän määrittäminen rinnankorkeusistä suomalaisissa talousmetsissä. Malli INKA-aineiston kairauksista. *Metsätieteen aikakauskirja* 2/2015.

- , Saarinen, M. & Hökkä, H. 2014a. Taimikoiden puituskehityksen luotettavuus sovellettaessa MOTTI-ohjelmiston kangasmaiden ennustemalleja turvekan-kaille. Metlan Työraportteja 294. 25 s. <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2014/mwp294.htm>. [Viitattu 17.11.2014]
- , Valkonen, S., Ojansuu, R., Hynynen J., Miina J. & Saksa, T. 2014b. Metsikön varhaiskehityksen kuvaus MOTTI-ohjelmistossa. Metlan Työraportti 286. 43 s. Saatavissa: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2014/mwp286.htm>. [Viitattu 17.11.2014]
- Takanen, O. 2010. Kuloutuksen ja maanmuokkauksen vaikutus metsänuudistamiseen. Opinnäyte. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Metsätalouden koulutusohjelma. 34 s. Saatavilla: http://theseus17-kk.lib.helsinki.fi/bitstream/handle/10024/22841/Takanen_Olavi.pdf. [Viitattu 16.10.2014]
- Uotila, K., Rantala, J. & Saksa, T. 2012. Estimating the need for early cleaning in Norway spruce plantation in Finland. *Silva Fennica* 46(5): 683–693.
- Valkonen, S. 1997. Viljelykuusikon alkukehityksen malli. *Metsätieteen aikakauskirja* 1997/3: 321–347
- Varmola, M. 1993. Viljelymänniköiden alkukehitystä kuvaava metsikkömalli. Summary: A stand model for early development of Scots pine cultures. *Folia Forestalia* 813:1–43.
- & Salminen, H. 2004. Timing and intensity of pre-commercial thinning in *Pinus sylvestris* stands. *Scandinavian Journal of Forest Research* 19:142–151
- , Kolström, T. & Mehtätalo, E. 1998. The effect of release cutting on the growth and external quality of the dominant trees in a *Pinus sylvestris* stand established by spot sowing. *Scandinavian Journal of Forest Research* 13: 151–159.
- Wall, A. & Kubin, E. 2000. Maanmuokkaustavan ja maalajin vaikutus männyn hajakylvön onnistumiseen. *Metsätieteen aikakauskirja* 1/2000: 5–17.
- Zellner, A. 1962. An efficient method of estimating seemingly unrelated regressions and tests for aggregation bias. *Journal of American Statistical Association* 57: 348–368.
- Örlander, G. & Nilsson, U. 1999. Effect of reforestation methods on pine weevil (*Hylobius abietis*) damage and seedling survival. *Scandinavian Journal of Forest Research* 14(4): 341–354.

57 viitettä

Liite 1. Männiköiden aineisto. Alue: 1 = Lappi, 2 = Pohjois-Pohjanmaa/Kainuu ja 3 = Etelä-Suomi; Kasvupaikka (Kpaikka): 2 = Lehtomainen, 3 = Tuore ja 4 = Kuivahko kangas; Syntytapa: 1 = Luontainen, 2 = kylvö, 3 = Istutus; Maanpinnan käsittely (Muok): 0 = Ei muokkausta, 1 = Laikutus, 2 = Äestys, 3 = Laikkumätästys, 4 = Ojitusmätästys, 5 = Kääntömätästys, 7 = Auras, K = Kulutus. Muok v = muokkausvuosi, Uud v = uudistamisvuosi, Taimh v = taimikonhoitovuosi, Ikä = pääpuulajin biologinen keski-ikä (v), Hdom = pääpuulajin valtapituus (m), H = pääpuulajin keskipituus (m), NVesa = kaikkien vesasyntyisten lehtipuiden runkoluku (ha^{-1}), HdomVesa = vesakon valtapituus (m). (Metsiköt on järjestetty alueen, mittausvuoden, kasvupaikan ja muokkauksen mukaan. Puuttuva tieto on -99).

Metsä	Alue	Vuosi	LS	Kpaikka	Muok	Muok v	Synty	Uud v	Taimh v	Ika	Hdom	H	NVesa	HdomVesa
1	3	2007	1206	3	2	1992	1	1991	-99	14	4,3	1,9	12067	2,5
2	3	2007	1231	3	2	1992	2	1993	-99	14	5,4	2,1	1167	3,9
3	3	2007	1355	3	2	1997	3	1997	-99	10	4,2	3,1	2567	3,7
4	3	2007	1371	3	2	1998	3	1998	-99	10	3,9	2,4	4467	3,9
5	3	2008	1515	3	2	1995	2	1995	-99	13	5,9	3,7	2200	4,4
6	3	2008	1504	3	2	1996	2	1995	-99	14	6,0	3,3	40633	2,6
7	3	2008	1316	4	0	-99	1	1993	2004	25	9,2	4,0	2900	2,1
8	3	2008	1324	4	1	1990	1	1990	-99	17	6,5	3,9	2767	3,4
9	3	2008	1234	4	1	1993	3	1993	2003	19	8,5	6,1	10367	3,1
10	3	2007	1201	4	2	1990	1	1989	-99	13	3,1	1,4	3033	2,5
11	3	2007	1429	4	2	2002	2	2002	-99	6	1,7	0,9	2267	2,4
12	3	2008	1383	4	2	2000	2	2000	-99	8	2,4	1,5	1233	1,1
13	3	2007	1186	4	3	1999	3	1999	-99	10	2,7	1,7	4067	4,1
14	2	2007	1150	3	2	1987	2	1988	-99	18	6,9	3,3	12167	5,6
15	2	2008	1126	3	2	1994	1	1994	-99	12	3,0	1,5	6367	3,0
16	2	2008	1162	3	2	1995	2	1995	-99	17	7,0	3,7	400	3,6
17	2	2007	1037	3	7	1982	3	1982	2000	23	9,1	7,5	10700	2,0
18	2	2007	970	3	7	1984	2	1984	2001	25	8,9	6,6	28600	2,1
19	2	2007	969	3	7	1985	3	1986	2001	20	9,4	7,1	10733	2,2
20	2	2008	970	3	7	1992	3	1989	2003	21	8,6	7,2	9200	1,6
21	2	2007	1076	4	2	1974	1	1974	-99	25	6,9	2,0	3567	3,5
22	2	2007	1146	4	2	1992	3	1992	1999	18	6,6	3,8	10118	1,7
23	2	2007	816	4	2	1987	2	1987	2000	18	6,9	4,4	67	1,4
24	2	2007	1144	4	2	1997	1	1997	-99	11	3,0	1,5	2633	1,7
25	2	2007	1017	4	2	1983	1	1983	-99	20	4,6	2,0	500	2,0
26	2	2008	978	4	2	1989	2	1989	2003	22	8,8	6,1	7433	2,5
27	2	2008	1096	4	2	1993	2	1993	1999	17	5,8	3,5	6600	1,9
28	2	2008	1088	4	2	1993	2	1993	1999	17	5,9	3,4	6033	1,8
29	2	2008	1104	4	2	1994	3	1994	-99	13	5,1	3,4	4067	1,3
30	2	2008	1063	4	2	1983	1	1983	2003	20	8,9	3,5	3167	4,1
31	2	2008	1108	4	2	1993	1	1994	-99	15	3,7	1,3	6800	2,4
32	2	2008	1116	4	2	1982	3	1983	2003	24	8,1	6,1	8667	5,0
33	2	2008	1162	4	2	1995	2	1995	-99	14	3,3	1,5	7033	1,7
34	2	2008	1180	4	2	1994	1	1994	-99	12	4,7	1,7	400	1,5
35	2	2008	1138	4	3	1992	3	1992	2000	17	7,0	4,9	8667	5,0
36	2	2007	1032	4	7	1982	2	1982	2003	26	9,5	7,3	0	0,0
37	2	2008	1137	4	7	1992	3	1992	1999	17	8,5	6,8	11200	2,2
38	1	2007	936	3	7	1988	2	1989	2003	19	6,4	4,3	1067	1,2
39	1	2007	709	3	7	1984	2	1984	2003	21	5,4	4,2	267	1,4
40	1	2007	719	3	7	1980	1	1980	2002	31	8,0	6,0	15100	3,7
41	1	2007	1012	3	7	1994	3	1994	2002	17	6,7	5,0	31433	6,8
42	1	2007	936	3	7	1994	3	1994	2002	16	7,1	5,0	20333	2,3
43	1	2007	970	3	7	1991	3	1991	2002	19	5,8	3,5	35133	6,0
44	1	2008	825	3	7	1988	3	1989	2000	19	7,4	5,7	23467	4,4
45	1	2008	857	3	7	1994	3	1995	-99	14	4,5	3,7	3400	3,7
46	1	2008	842	3	7	1986	3	1987	-99	19	6,5	4,8	15100	4,1
47	1	2008	826	3	7	1989	3	1990	-99	17	5,6	4,0	17667	5,7

Liite 1. jatkoa.

48	1	2008	850	3	7	1986	3	1988	-99	18	7,3	5,4	18167	5,9
49	1	2008	806	3	7	1992	3	1993	-99	15	4,2	2,9	27567	1,3
50	1	2008	769	3	7	1991	3	1992	-99	15	4,2	3,1	9633	4,6
51	1	2008	873	3	7	1995	3	1996	-99	12	4,2	2,9	3200	2,3
52	1	2008	901	3	7	1995	3	1996	-99	12	3,9	2,1	733	1,8
53	1	2008	847	3	7	1994	3	1995	-99	14	4,5	3,1	4733	1,4
54	1	2007	961	3	2K	1986	2	1986	2000	22	8,1	5,9	4833	3,2
55	1	2008	870	3	2K	1988	2	1989	2003	20	5,7	3,9	1900	0,9
56	1	2007	894	4	0	-99	1	1974	2003	30	10,5	4,7	0	0,0
57	1	2007	720	4	1	1991	3	1991	2002	15	2,2	1,4	400	1,3
58	1	2008	815	4	1	1983	2	1984	-99	20	5,1	2,8	9733	6,5
59	1	2007	940	4	7	1979	3	1979	1999	28	9,4	4,6	5067	1,9
60	1	2007	894	4	7	1981	2	1981	1998	25	7,9	3,9	0	0,0
61	1	2007	983	4	7	1993	2	1993	2002	16	4,1	2,0	6000	1,3
62	1	2007	990	4	7	1979	2	1979	2002	26	9,0	6,8	5406	1,3
63	1	2007	929	4	7	1983	1	1983	2003	34	9,3	3,6	8900	1,5
64	1	2008	801	4	7	1991	2	1992	-99	13	2,5	1,3	1033	0,9
65	1	2008	820	4	7	1994	3	1995	-99	13	4,0	2,4	5200	1,2
66	1	2008	821	4	1K	1985	2	1986	2004	22	7,2	5,5	3300	3,7
67	1	2008	836	4	2K	1986	2	1987	2002	21	6,8	5,1	3667	1,1
68	1	2007	754	4	K	1985	2	1986	2001	21	6,0	4,6	2344	3,1

Liite 2. Kuusikoiden aineisto. Luokitus kuten liitteessä 1.

Metsä	Alue	Vuosi	LS	Kpaikka	Muok	Muok v	Synty	Uud v	Taimh v	Ika	Hdom	H	NVesa	HdomVesa
69	3	2007	1357	2	3	1989	3	1989	2002	19	9,7	6,6	11900	3,1
70	3	2007	1223	2	3	1997	3	1997	-99	11	4,4	3,2	20600	5,0
71	3	2008	1264	2	3	1990	3	1990	2004	21	10,3	7,0	5733	1,9
72	3	2007	1236	2	5	1992	3	1993	1999	18	6,8	4,6	17033	5,5
73	3	2008	1256	3	1	1993	3	1993	2002	17	6,2	4,0	49767	3,2
74	3	2008	1273	3	1	1993	3	1993	-99	16	5,4	3,7	32767	3,1
75	3	2007	1252	3	2	1993	3	1993	2002	15	6,8	3,4	37633	3,6
76	3	2007	1380	3	3	1992	3	1994	-99	15	7,1	4,6	8467	3,3
77	3	2007	1190	3	3	1997	3	1997	-99	12	3,7	2,4	19133	2,6
78	3	2008	1354	3	3	1991	3	1991	-99	24	11,4	8,1	1500	2,2
79	3	2007	1215	3	5	1992	3	1993	-99	15	5,8	3,7	13200	3,1
80	2	2008	953	3	2	1989	3	1989	2003	17	4,2	3,0	6367	1,7
81	2	2008	1073	3	2	1991	3	1992	2003	20	6,6	3,6	19800	2,5
82	2	2008	1021	3	3	1997	3	1997	-99	13	3,9	2,5	8367	3,3
83	2	2007	1077	3	4	1995	3	1996	-99	13	4,4	3,1	10767	2,7
84	2	2007	1042	3	7	1990	3	1990	2003	19	4,9	3,6	41967	5,9
85	2	2007	852	3	7	1982	3	1984	2003	22	7,1	4,3	8167	2,2
86	2	2007	999	3	7	1988	3	1988	-99	20	5,7	3,5	2800	5,4
87	2	2008	979	3	7	1992	3	1992	2003	20	7,0	3,5	10567	2,0