

Jari Miina¹, Pentti Niemistö², Hannamaria Potila³ ja Eira-Maija Savonen⁴

Kuusentaimikon kerkkäsato ja keruun vaikutus kuusen kasvuun

Miina J., Niemistö P., Potila H., Savonen E.-M. (2018). Kuusentaimikon kerkkäsato ja keruun vaikutus kuusen kasvuun. Metsätieteen aikakauskirja 2018-7802. Tutkimusartikkeli. 12 s. <https://doi.org/10.14214/ma.7802>

Tiivistelmä

Luonnontuotteiden kasvava kysyntä on lisännyt kiinnostusta kuusenkerkkien hyödyntämiseen terveys- ja hyvinvointituotteissa. Kerkkiä kerätään kuusentaimikoista, mutta keruun vaikutusta kuusikon kehitykseen ei tunneta. Tässä työssä tutkittiin Ikaalisissa ja Joensuussa sijaitsevien keruukohteiden avulla 3–4-metrinen kuusten kerkkäsatoa ja kerkkien keruuseen kuluvaa aikaa. Ikaalisissa koepuut kairattiin rinnankorkeudelta ja sädekasvu mitattiin 13 vuodelta keruun jälkeen. Kerkkäsadon tuorepaino oli keskimäärin 0,4 kg puu⁻¹, jolloin täystiheän taimikon (1800 kuusta ha⁻¹) kerkkäsato olisi yhteensä 720 kg ha⁻¹. Keruutyön tuottavuus oli 1,64 kg h⁻¹. Kerkkien keruun jälkeen vuotuinen sädekasvu oli tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,05$) pienempi vain, jos kerkkiä oli kerätty kahtena peräkkäisenä vuotena. Keruukertojen vaikutus keruuta seuraavan 5-vuotisjakson keskikasvuun oli tilastollisesti merkitsevä ($p = 0,008$); kerran kerättyjen kuusten keskikasvu oli 95% kontrollipuiden kasvusta, ja vastaavasti 80%, kun kerkät oli kerätty kahdesti. Kerkkien keruu koko latvuksen alueelta alensi kasvua enemmän kuin kerkkien osittainen keruu, mutta keruuintensiteetin vaikutus ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Tuloksia keruun kasvuvaiikutuksista on pidettävä alustavina, koska koepuita oli suhteellisen vähän ja keruukäsittelyt tehtiin puutasolla, ei koealoittain. Kasvun hidastumisen ja hakkuutulojen viivästymisen taloudellinen merkitys laskettiin Motti-simulointien ja keruuhetkelle 3%:n korkokannalla diskontattujen hakkuutulojen nykyarvon avulla. Yhden hakkuutulojen viivevuoden arvoksi saatiin noin 180 euroa ha⁻¹, kun viive on enintään viisi vuotta. Kertakeruulla, jonka kasvuvaiikutus kestää vain muutaman vuoden, ei ole juuri vaikutusta kuusikon kehitykseen ja myöhempään hakkuuseen. Keruun kasvuvaiikutus varttuneissa taimikoissa pienenee, kun osa kerkistä (latvan yläosan pääteversot) jätetään keräämättä ja keruu tehdään vain yhtenä vuotena.

Asiasanat luonnontuotteet; metsien monikäyttö; yhteistuotanto

Yhteystiedot ¹Luonnonvarakeskus (Luke), Luonnonvarat, Joensuu; ²Luonnonvarakeskus (Luke), Luonnonvarat, Seinäjoki; ³Metsähallitus, Luontopalvelut, Parkano; ⁴Luonnonvarakeskus (Luke), Luonnonvarat, Parkano

Sähköposti jari.miina@luke.fi

Hyväksytty 3.1.2018

1 Johdanto

Kuusenkerkät ovat 1–7 cm pitkiä, vaaleanvihreitä, nuoria ja pehmeitä kuusen vuosikasvaimia. Kerkkien keruu-aika on 2–3 viikkoa ja se ajoittuu touko-kesäkuulle ennen kerkkien puutumista. Kuusenkerkissä on runsaasti A- ja C-vitamiinia, hivenaineita ja antioksidanttisesti vaikuttavia flavonoideja (Sankelo ja Siivari 2007), joten niitä kerätään käytettäväksi muun muassa väriaineena, kosmetiikassa, hyytelöissä, siirapissa ja juomissa (Mikkonen ym. 2005). Luonnontuotteiden kasvavat markkinat ovat lisänneet kiinnostusta myös kuusenkerkkien keruuseen ja hyödyntämiseen terveys- ja hyvinvointituotteissa (Ristioja 2017). Kerkkiä kerätään kuusentaimikoista, mutta keruun pitkäaikaisia vaikutuksia puiden kasvuun ei ole tutkittu.

Kuusentaimikoiden keruukohteiksi soveltuu erityisesti viljavien kasvupaikkojen varttuneet kuusentaimikot, joissa latvusto ei ole vielä sulkeutunut ja kerkkiä voidaan kerätä noin kahden metrin korkeudelle saakka. Myös tuoreista hakkuutähteistä voitaisiin kerätä kerkkiä, mutta hakkuutyömaan vaaratekijät sekä hakkuutähteiden kasaus ja niiden kertyminen ajourille koneellisessa hakkuussa vaikeuttavat keruuta. Kerkkien keruujako on myös lintujen pesintäaika, jolloin hakkuuta pyritään välttämään.

Kerkkien keruun seurauksena kuusentaimi menettää suuren osan uusista vuosikasvaimista ja näin ollen yhdestä neulasvuosikerrasta. Rakenteellisen menetyksen lisäksi puu menettää myös ravintovaraita, jotka se on kuluttanut silmuista muodostuneisiin versoihin. Versojen syöntiä jäljittelevissä leikkauskokeissa on havaittu, että kesällä tehdyllä versojen poistolla on suurempi vaikutus puiden kasvuun kuin talviaikaisella leikkauksella (Canham ym. 1994). Talvella ravintovaraita ovat varastoituneena runkoon ja juuriin, jolloin ne säästävät talvileikkauksessa. Jos uudet versot poistetaan keväällä, niin puulta jää saamatta myös niiden kesällä tuottamat uudet ravintovaraita. Versojen leikkauksen useampana vuotena peräkkäin on todettu voimistavan keruun vaikutuksia (Piene 2003).

Kuusentaimikoiden keruuseen tarvitaan maanomistajan lupa. Kerkkien keruun pitkäaikaisista vaikutuksista puiden kasvuun ei ole olemassa tutkimustietoa, jotta maanomistaja voisi arvioida puunkasvatukselle aiheutuvaa riskiä. Keruutyön ajanmenekkiä ja kannattavuutta ei ole myöskään selvitetty. Tieto kerkkäsadoista, kerkkien keruusta ja keruun mahdollisista kasvuvaiikutuksista kiinnostaa niin luonnontuotekerääjiä kuin maanomistajiakin.

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää kuusenkerkkien satoa ja keruujako- ja keruun vaikutusta kuusten paksuuskasvuun, kun kerkkiä kerätään varttuneista kuusentaimikoista. Koeaineiston kerkät kerättiin Ikaalisissa Pirkkanmaalla vuosina 2003 ja 2004 sekä Joensuussa Pohjois-Karjalassa vuonna 2016. Vanhemmalta, Ikaalisen keruukokeelta kairatuista vuosilustoista tutkittiin keruun kasvuvaiikutuksia. Kokeilta saatujen tulosten perusteella tehtiin laskelmia luonnontuotekerääjän tuntipalkasta sekä keruun mahdollisesti aiheuttaman kasvutappion taloudellisesta merkityksestä.

2 Aineisto ja menetelmät

2.1 Ikaalisen keruukoe

Ikaalisissa kuusenkerkkien koealueeksi valittiin puhdas kuusentaimikko, joka oli istutettu maaperältään saviselle peltomaalle (Kuva 1). Kokeen alussa taimikon keskikipitys oli 2,8 m, keskiläpimitta 3,1 cm ja runkoluku 2370 kuusta ha⁻¹. Taimikosta valittiin 84 virheetöntä ja mahdollisimman samankokoista koepuuta tasaisesti noin hehtaarin alalta. Koepuut arvottiin käsittelyihin ja kontrolliin niin, että jokaiseen yhdeksään keruukäsittelyyn tuli seitsemän koepuuta



Kuva 1. Kuusenkerkkien keruukokeet sijaitsivat istutetuissa kuusentaimikoissa Ikaalisissa (vasen kuva, Matti Haapalehto) ja Joensuussa (oikea kuva, Jari Miina).

ja kontrollipuita oli 21. Yhdeksän keruukäsittelyä muodostuivat kolmesta keruutavasta (pääteversot, sivuversot tai pääte- ja sivuversot) ja kolmesta keruusteesta (latvuksen yläosa, alaosa tai koko latvus). Pääteversoiksi luettiin kaikki kerkät, jotka olivat muodostuneet edellisenä vuonna oksien kärkiin kasvaneisiin latvakasvaimiin. Latvus jaettiin ylä- ja alaosaan niin, että yläosaan kuului 60% puun pituudesta ja alaosaan 40%. Kaikissa käsittelyissä puun rungon latvakasvain jätettiin keräämättä.

Kerkät kerättiin 12.6.2003, jolloin tehoisan lämpösumman kertymä oli 215 dd. Seuraavan vuoden keräys ajoitettiin samaan lämpösummavaiheeseen, jolloin keräys tehtiin 15.6.2004. Vuoden 2003 keräys tehtiin kaikista 63 keruupuusta. Vuonna 2004 kerättäviksi puiksi arvottiin neljä puuta kustakin käsittelystä. Siten keruukokeessa oli kaikkiaan 36 puuta, joista keruu tehtiin kahdesti, ja 27 puuta, joista keruu tehtiin kerran. Kesän 2003 latvakasvaimeen syntyneet kerkät jätettiin keräämättä vuonna 2004. Siten kerkät kerättiin molempina vuosina samalle noin 2,5 metrin korkeudelle saakka.

Ikaalisen keruukokeen mittauksista laskettiin puukohtaisen kerkkäsadon tuorepainot käsittelyittäin (pääteversot, sivuversot tai pääte- ja sivuversot) molempina vuosina.

Kuusentaimien keruun pitkäaikaisen kasvuvaihtelun selvittämiseksi marraskuussa 2016 Ikaalisen keruukokeelta kairattiin kontrollipuita ja voimakkaimmin käsiteltyjä puita, joista oli kerätty pääte- ja sivuversot. Kokeessa oli yhteensä 21 puuta, joista kerättiin pääte- ja sivuversot latvuksen yläosasta, alaosasta tai koko latvuksesta (kerran kerättyjä 9 ja kahdesti kerättyjä 12). Kun latvastaan katkenneita ja koivujen alle jääneitä kuusia ei kairattu, niin lustot kairattiin viidestä kerran kerätystä puusta ja 12 kahdesti kerätystä puusta. Kontrollipuita kairattiin kaikkiaan 10. Kairattujen koepuiden rinnankorkeusläpimitat mitattiin keväällä 2004 ja 2016. Rinnan korkeudelta kairatuista näytteistä mitattiin lustomikroskoopilla vuosien 2002–2016 sädekasvut 0,01 mm:n tarkkuudella.

Seitsemän kairattua puuta (kolme kontrollipuita, kaksi kerran kerättyä ja kaksi kahdesti kerättyä puuta) jouduttiin jättämään tarkasteluiden ulkopuolelle, koska kokeen alkuvuosina, ytimen lähelle muodostuneita lustoja ei pystytty mittaamaan ohikairauksen vuoksi. Siten tarkastelussa oli kaikkiaan seitsemän kontrollipuita, kerran kerättyjä puita oli kolme ja kahdesti kerättyjä puita oli kymmenen. Keruuintensiteetin mukaan kuuset jakautuivat niin, että pääte- ja sivuversot oli kerätty neljästä puusta koko latvuksen pituudelta, kuudesta puusta latvuksen yläosasta ja kolmesta puusta alaosasta.

Keruun toistamisen ja intensiteetin vaikutusta keruun jälkeiseen sädekasvuun vuosina 2003–2016 testattiin kovarianssianalyysillä niin, että keruuta edeltävän vuoden 2002 sädekasvua käytettiin puukohtaisena kovariaattina. Käsittelyn kasvuvaiikutusta tarkasteltiin kasvujaksoittain (2003–2007 ja 2003–2016) sekä vuosittain niin, että jokaiselle jaksolle ja vuodelle laadittiin oma testi. Käsittelyiden varianssien yhtäsuuruus-oletus testattiin Levenen testillä ja keskiarvojen pariveritailut tehtiin Bonferronin testillä. Kovarianssianalyysit tehtiin IBM SPSS 22.0 Statistics -ohjelmiston Mixed-proseduurilla (REML), koska koepuiden lukumäärä vaihtelee eri keruukäsittelyissä.

2.2 Joensuun keruukoe

Joensuun keruukoe sijaitsi Ikaalisen taimikkoa varttuneemmassa kuusentaimikossa, jossa myös puiden koko vaihteli enemmän. Joensuun keruukokeella tutkittiin puukohtaisen kerkkäsadon lisäksi myös kerkkien keruuseen kuluvan työajan riippuvuutta puun koosta. Koe sijaitsi kasvupaikaltaan tuoreen kankaan kuusentaimikossa, joka oli istutettu vuonna 2005 ja varhaisperattu vuonna 2011. Perkauskannoista oli syntynyt lehtipuuvesakkoa, joka oli saavuttanut pituudessa valtapituudeltaan 4-metriset kuusentaimet (Kuva 1). Taimikon tiheys oli 1850 kuusta ha⁻¹. Taimikkoon perustettiin kaksi 100 m²:n ympyräkoealaa. Koealoilla sijaitsevien kuusten rinnankorkeusläpimitta (mm) ja pituus (dm) mitattiin. Koealoista toinen arvottiin kerkkien keruun koealaksi.

Keruukoealalla oli yhteensä 17 kuusta, joiden keskipituus oli 3,9 m ja keskiläpimitta 4,7 cm. Kaksi Luonnonvarakeskuksen tutkijaa keräsi pääte- ja sivuversot kaikista 17 kuusesta kahden metrin korkeudelle saakka 31.5.2016, jolloin tehoisan lämpösumman kertymä oli 259 dd. Keruun yhteydessä mitattiin seuraavat puukohtaiset tunnuksat: kerkkien pituus (mm) ja tuorepaino (g) sekä keruuseen kulunut aika (min). Kerkän pituus mitattiin koealan keskipisteen suuntaan 2 metrin korkeudelta alaspäin ensimmäisessä oksakiehkurassa kasvavan oksan kärjen kerkästä.

Puukohtaisen kerkkäsadon ja keruun ajanmenekin riippuvuutta puun rinnankorkeusläpimitasta tarkasteltiin lineaarisella regressioanalyysillä.

2.3 Simulointilaskelmat

Kerkkien keruun aiheuttaman kasvun hidastumisen taloudellista arvoa tarkasteltiin kuusikolle simuloidun kehitysnusteen avulla. Laskelmat perustuvat kehitysnusteesiin ja hakkuukertymiin, jotka laskettiin Luonnonvarakeskuksessa kehitetyllä Motti-ohjelmistolla Joensuussa lehtomaisella kankaalla kasvavalle istutuskuusikolle (Salminen ym. 2005; Hynynen ym. 2014). Metsänhoitosuosituksen mukaisesti kuusikko harvennettiin kolmesti 33, 43 ja 52 vuoden ikäisenä ja päätehakkuu tehtiin 64 vuoden iässä (Äijälä ym. 2014). Hakkuutulot laskettiin Savo-Karjalan vuoden 2016 keskimääräisten kantohintojen avulla (Luonnonvarakeskus; Tilastopalvelut). Hakkuutulojen nykyarvo laskettiin diskonttaamalla hakkuutulot 3%:n korkokannalla kerkkien keruujakohtaan.

Taimikossa 15 vuoden iällä tehdyn kerkkien keruun oletettiin viivästyttävän kuusikon keskiläpimitan kasvua ja tulevia hakkuuta samassa suhteessa. Esimerkiksi jos vuotuinen keskiläpimitan kasvu hidastuu 20% viiden vuoden ajan, niin kuusikon kehitys ja tulevat hakkuut viivästyvät vuodella. Jos 20%:n vuotuinen kasvutappio jatkuu 15 vuotta, niin viive on kolme vuotta. Oletus perustuu siihen, että kuusikolle simuloitu keskiläpimitan kehitys riippuu 15 ikävuoden jälkeen lähes lineaarisesti metsikön iästä. Hakkuutulojen viivästyminen ja siitä aiheutuva hakkuutulojen nykyarvon pieneneminen kuvaavat taloudellista menetystä, jonka kuusenkerkkien keruu aiheuttaa puuntuotannolle.

Taulukko 1. Kuusenkerkkien keskimääräiset tuorepainot (g puu⁻¹) käsittelyittäin Ikaalisen keruukokeen ensimmäisellä keruukerralla vuonna 2003 (7 puuta per käsittely) ja toisella keruukerralla vuonna 2004 (4 puuta per käsittely).

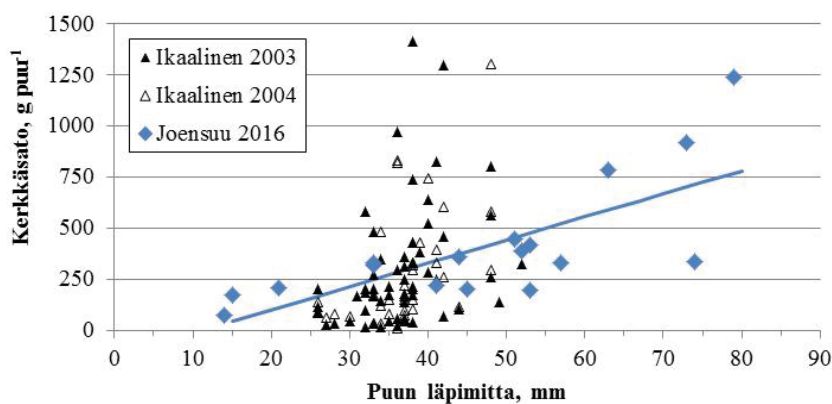
| Keruutapa | Keruuaste | Kerkkien tuorepaino, g puu ⁻¹ | | | |
|----------------------|-------------|--|---------|-------------|---------|
| | | Vuonna 2003 | | Vuonna 2004 | |
| | | Keskiarvo | Hajonta | Keskiarvo | Hajonta |
| Pääteversot | Yläosa | 128 | 93 | 169 | 99 |
| | Alaosa | 62 | 55 | 36 | 18 |
| | Koko latvus | 171 | 85 | 130 | 62 |
| Sivuvorsot | Yläosa | 182 | 159 | 74 | 28 |
| | Alaosa | 239 | 140 | 207 | 110 |
| | Koko latvus | 689 | 509 | 418 | 130 |
| Pääte- ja sivuvorsot | Yläosa | 456 | 221 | 396 | 274 |
| | Alaosa | 265 | 158 | 250 | 222 |
| | Koko latvus | 428 | 329 | 866 | 339 |

3 Tulokset

3.1 Kerkkäsato

Ikaalisen keruukokeella kerkkäsato vaihteli runsaasti riippuen siitä kerättiinkö pääteversot, sivuvorsot vai molemmat (Taulukko 1). Eniten kerkkiä saatiin niistä kuusista, joista kerättiin koko latvuksesta kaikki kerkät, ja vähiten niistä, joista kerättiin vain pääteversot. Ensimmäisenä keruuvuotena 2003 koko latvuksesta kerättäessä puukohtainen kerkkäsato pääte- ja sivuversoista oli keskimäärin 428 g tuoreena. Keruutapojen ja keruuasteiden väliset erot kerkkäsadossa ovat suuntaa-antavia, sillä puiden välinen vaihtelu versojen kehitysnopeudessa ja kerkkäsadossa oli suurta (Kuva 2).

Kerkkien keruu muokkasi kuusen latvuksen muotoa, kun versojen keruu esti oksien pituuskasvun. Keruun johdosta oksankärkiin syntyi silmurykelmiä ja kuusen latvukset tuuhtuivat. Kuusten, joiden latvuksen yläosasta, alaosasta tai koko latvuksesta kerättiin pääte- ja sivuvorsot



Kuva 2. Kerkkäsadon tuorepainon (g puu⁻¹) riippuvuus puun rinnankorkeusläpimitasta (mm) Ikaalisen ja Joensuun keruukokeissa. Suora kuvaa Joensuun aineistoon (pääte- ja sivuvorsot kerätty 2 metrin korkeudelle) sovitettua lineaarista regressiomallia. Ikaalisen aineistossa on useita keruutapoja ja -asteita.

kahdesti (yhteensä 12 puuta), kerkkäsato toisena keruuvuotena oli keskimäärin 497 g puu^{-1} (keskihajonta 374 g puu^{-1}), mikä oli 13% suurempi kuin ensimmäisenä keruuvuotena ($441 \pm 293 \text{ g puu}^{-1}$). Vuosien välinen ero kerkkäsadossa ei ollut tilastollisesti merkitsevä (pareittaisen t-testin $p=0,476$), mutta toisena vuotena puukohtaisen kerkkäsadon vaihtelu oli kuitenkin suurempaa.

Kahden vuoden keruuaineistossa koko latvuksen kerkkäsadon keskimääräinen, havaintojen lukumäärällä painotettu puukohtainen tuorepaino oli pääteversoista 156 g , sivuversoista 590 g ja pääte- ja sivuversoista 587 g .

Joensuun 100 m^2 :n keruukoealalta mitattiin 17 kuusen kerkkäsadon keskimääräiseksi puukohtaiseksi tuorepainoksi 408 g (keskihajonta 300 g), kun sekä pääte- että sivuversot kerättiin kahden metrin korkeuteen saakka. Pääteversojen keskimääräinen pituus oli 65 mm (keskihajonta 19 mm).

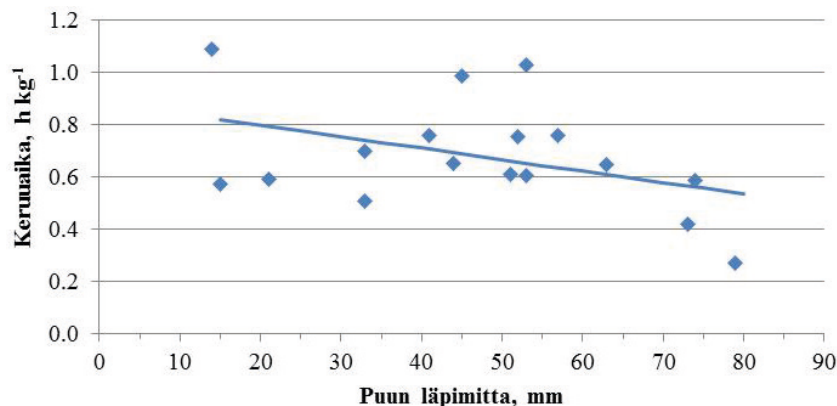
Puukohtainen kerkkäsato kasvoi puun rinnankorkeusläpimitan kasvaessa (Kuva 2), mitä kuvattiin lineaarisella regressiomallilla: $\text{sato, g puu}^{-1} = -125,34 + 11,32 \times \text{läpimitta, mm}$. Mallin selitysaste R^2 oli 54% ja RMSE 209 g puu^{-1} . Puukohtainen pääteverson pituus ei ollut tilastollisesti merkitsevä selittäjä mallissa ($p=0,173$).

3.2 Kerkkien keruujanmenekki

Joensuun keruukokeella kerkkien keruun puukohtainen ajanmenekki oli keskimäärin 14 min (keskihajonta 6 min). Puukohtaisesti lasketun kerkkäkilon keruujanmenekiksi muodostui $0,68 \text{ h kg}^{-1}$ (keskihajonta $0,21 \text{ h kg}^{-1}$) ja vastaavasti keruutyön tuottavuudeksi $1,64 \text{ kg h}^{-1}$ (keskihajonta $0,65 \text{ kg h}^{-1}$). Keruujanmenekki pieneni, kun puun läpimitta kasvoi (Kuva 3), mutta regressiomallissa puun läpimitan kulmakerroin ei poikennut merkitsevästi nolasta ($p=0,103$): $\text{keruuaika, h kg}^{-1} = 0,88 - 0,0044 \times \text{läpimitta, mm}$; $R^2 = 17\%$, $\text{RMSE} = 0,20 \text{ h kg}^{-1}$.

3.3 Kerkkien keruun vaikutus kuusten kasvuun

Keruuvuosien lukumäärän vaikutus rinnankorkeusläpimitaan keväällä 2016 testattiin kovariansianalyysillä, jossa kovariaattina käytettiin puun läpimittaa keväällä 2004 (Taulukko 2). Kun keruun aloittamisesta oli kulunut 13 kasvukautta, kontrollipuiden kovariaattikorjattu keskiläpimitta oli $1,1 \text{ cm}$ ja $1,9 \text{ cm}$ suurempi kuin puiden, joista oli kerätty kerkkiä kerran ja kahdesti. Ero keskiläpimitoissa oli tilastollisesti merkitsevä ($p=0,045$); parivertailussa ero oli tilastollisesti merkitsevä kontrollipuiden ja kahdesti kerättyjen puiden välillä.



Kuva 3. Kuusenkerkkien keruun ajanmenekin (h kg^{-1}) riippuvuus puun rinnankorkeusläpimitasta (mm) Joensuun keruukokeessa ja aineistoon sovitettu lineaarinen regressiomalli.

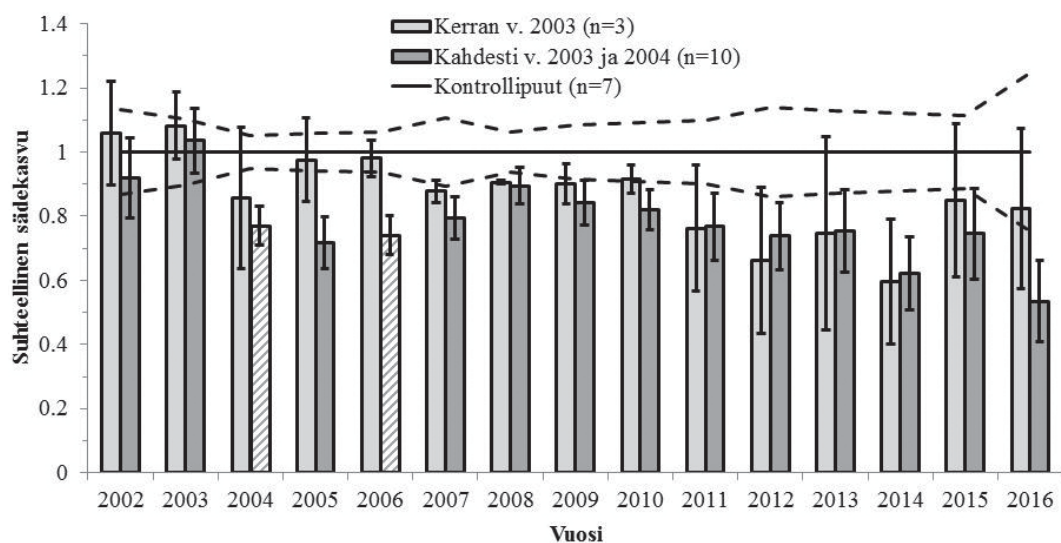
Taulukko 2. Koepuiden keskiläpimitat (cm) keväällä 2016 Ikaalisen kokeessa kuusenkerkkien keruukertojen mukaan ryhmiteltynä. Keruukertojen välisten erojen tilastollinen merkitsevyys on testattu kovarianssianalyysillä (Bonferron, kovariaattina puun läpimitta keväällä 2004).

| Kerukerrat | N | Keskiarvo | Rinnankorkeusläpimitta keväällä 2016, cm | | | |
|------------|----|-----------|--|--------|---------|-------------------|
| | | | Hajonta | Minimi | Maksimi | |
| Ei keruuta | 7 | 12,6* | 1,7 | 11,3 | 15,9 | F -testi = 3,79 |
| Kerran | 3 | 11,7 | 0,9 | 10,9 | 12,6 | $p=0,045$ |
| Kahdesti | 10 | 10,7* | 1,8 | 8,1 | 13,4 | |

* Käsitelyiden välinen ero on tilastollisesti merkitsevä ($p=0,042$)

Keruuvuosien lukumäärän vaikutus vuotuiseen sädekasvuun testattiin kovarianssianalyysillä (kovariaattina puun sädekasvu ennen käsittelyä vuonna 2002) niin, että jokaiselle kasvujakson 2003–2016 vuodelle laadittiin oma testi. Vuotuisten sädekasvujen tarkastelu osoitti, että kerran ja kahdesti tehdyllä kerkkien keruulla on pitkäaikainen vaikutus kuusten sädekasvuun (Kuva 4). Kontrollipuihin verrattuna kahdesti tehty keruu alensi vuotuista sädekasvua tilastollisesti merkitsevästi vuosina 2004 ($p=0,034$) ja 2006 ($p=0,008$) sekä suuntaa-antavasti vuonna 2005 ($p=0,079$). Kahdesti kerättyjen kuusten sädekasvu poikkesi kontrollipuiden kasvusta ($p=0,084$) myös myöhemmin vuonna 2014. Kahdesti tai kerran käsiteltyjen kuusten sädekasvut erosivat toisistaan vain suuntaa-antavasti vuonna 2006 ($p=0,060$).

Keruuvuosien lukumäärän vaikutus keskimääräiseen sädekasvuun välittömästi keruun jälkeen 5-vuotisjaksolla 2003–2007 sekä koko seurantajaksoilla 2003–2016 testattiin kovarianssianalyysillä, jossa kovariaattina käytettiin vuoden 2002 sädekasvua (Taulukko 3). Keruuvuosien lukumäärän vaikutus jakson 2003–2007 keskikasvuun oli tilastollisesti merkitsevä ($p=0,008$); parivertailussa ero oli tilastollisesti merkitsevä vain kontrollipuiden ja kahdesti käsiteltyjen puiden välillä. Kerran käsiteltyjen kuusten kovariaattikorjattu 5-vuotisjakson keskikasvu oli 95% kontrollipuiden kasvusta, ja vastaavasti 80%, kun kerkät oli kerätty kahtena vuotena.



Kuva 4. Ikaalisen keruukokeen (kerkkien keruu kerran tai kahdesti) keskimääräiset suhteelliset sädekasvut (kontrollipuut = 1) vuosina 2002–2016. Katkoviivat ja janat kuvaavat \pm keskiarvon keskivirhettä. Sädekasvut, jotka eroavat tilastollisesti (Bonferron-testi, $p<0,05$) kontrollipuiden kasvusta, on merkitty vinoviivituksella.

Taulukko 3. Koepuiden keskimääräiset vuotuiset sädekasvut ($0,01 \text{ mm a}^{-1}$) Ikaalisen kokeessa käsittelyn jälkeisellä 5-vuotisjaksolla 2003–2007 ja koko seurantajaksolla 2003–2016 kuusenkerkkien keruukertojen mukaan ryhmiteltynä. Keruukertojen välisten erojen tilastollinen merkitsevyys on testattu kovarianssianalyysillä (Bonferron, kovariaattina keruuta edeltävän vuoden 2002 sädekasvu).

| Kerukerrat | N | Jaksolla 2003–2007 | | | Jaksolla 2003–2016 | | |
|------------|----|--------------------|---------|-----------------------|--------------------|---------|-----------------------|
| | | Keskiarvo | Hajonta | | Keskiarvo | Hajonta | |
| Ei keruuta | 7 | 458* | 40 | $F\text{-testi}=6,70$ | 367 | 60 | $F\text{-testi}=3,31$ |
| Kerran | 3 | 434 | 52 | $p=0,008$ | 320 | 35 | $p=0,063$ |
| Kahdesti | 10 | 366* | 56 | | 287 | 67 | |

* Käsittelyiden välinen ero on tilastollisesti merkitsevä ($p=0,008$)

Vastaavasti koko seurantajaksolla 2003–2016 kerran käsiteltyjen kuusten kovariaattikorjattu jakson keskikasvu oli 86% kontrollipuiden kasvusta, ja 80%, kun kerkät oli kerätty kahtena vuotena. Keruuvuosien lukumäärän vaikutus koko seurantajakson keskikasvuun oli suuntaa-antavasti merkitsevä ($p=0,063$); parivertailussa ero oli suuntaa-antavasti merkitsevä vain kontrollipuiden ja kahdesti käsiteltyjen puiden välillä.

Keruintensiteetin vaikutuksen testauksessa verrattiin kontrollipuita ja kahta puuryhmää, joissa oli kerätty vain osa kerkistä tai koko latvuksen kaikki kerkät (Taulukko 4). Keruintensiteetti ei vaikuttanut tilastollisesti merkitsevästi koepuiden vuotuisiin sädekasvuihin. Keruintensiteetin vaikutus oli tilastollisesti merkitsevä ($p=0,040$) vain keruun jälkeisen 5-vuotisjakson (2003–2007) keskikasvuun; parivertailussa käsitellyt eivät kuitenkaan poikenneet merkitsevästi toisistaan. Koepuiden, joista kerättiin vain osa kerkistä, kovariaattikorjattu keskimääräinen sädekasvu oli 84% kontrollipuiden sädekasvusta sekä jaksolla 2003–2007 että 2003–2016. Vastaavat luvut olivat 82% ja 76%, jos kaikki kerkät kerättiin koko latvuksesta.

Keruvuosien lukumäärän ja keruintensiteetin vaikutusta ei voitu testata kaksisuuntaisella varianssianalyysillä koepuiden alhaisen lukumäärän vuoksi. Koepuiden, joista oli kerätty kaikki kerkät koko latvuksen alueelta, osuus oli sama molemmissa keruuvuosiluokissa (keruu kerran: 1/3; kahdesti: 3/10). Kahdesti käsiteltyjen koepuiden osuus oli myös sama molemmissa keruintensiteettiluokissa (osa kerkistä: 7/9; kaikki kerkät: 3/4).

Taulukko 4. Koepuiden keskimääräiset vuotuiset sädekasvut ($0,01 \text{ mm a}^{-1}$) Ikaalisen kokeessa käsittelyn jälkeisellä 5-vuotisjaksolla 2003–2007 ja koko seurantajaksolla 2003–2016 kerkkien keruintensiteetin mukaan ryhmiteltynä. Keruintensiteettien välisten erojen tilastollinen merkitsevyys on testattu kovarianssianalyysillä (Bonferron, kovariaattina keruuta edeltävän vuoden 2002 sädekasvu).

| Keruintensiteetti | N | Jaksolla 2003–2007 | | | Jaksolla 2003–2016 | | |
|-------------------|---|--------------------|---------|-----------------------|--------------------|---------|-----------------------|
| | | Keskiarvo | Hajonta | | Keskiarvo | Hajonta | |
| Ei keruuta | 7 | 458 | 40 | $F\text{-testi}=3,95$ | 367 | 60 | $F\text{-testi}=3,44$ |
| Osa | 9 | 383 | 51 | $p=0,040$ | 296 | 68 | $p=0,057$ |
| Kaikki | 4 | 379 | 88 | | 292 | 53 | |

3.4 Laskelmat kerkkien keruun taloudesta

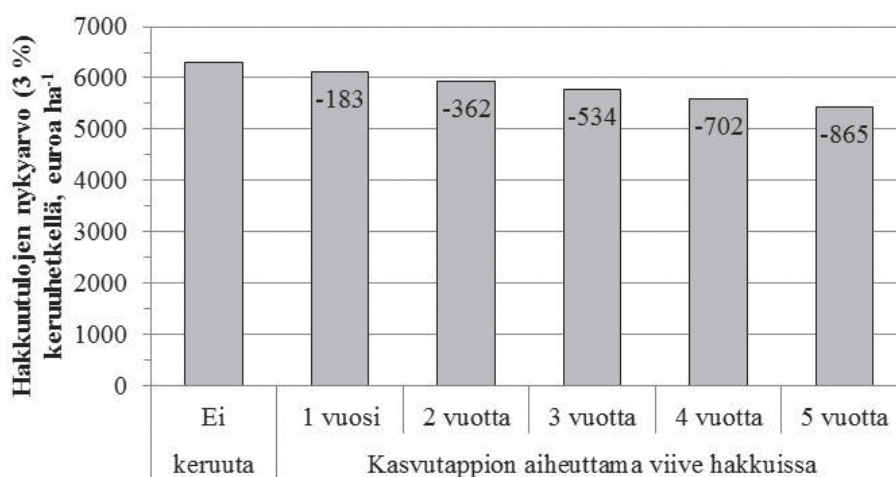
Keruukokeilta saatujen tulosten perusteella tehtiin laskelmia kerkkien keruutyön kannattavuudesta sekä keruun aiheuttaman kasvutappion taloudellisesta arvosta.

Taimikosta, jossa kasvaa 1800 kuusta ha⁻¹ ja kerkkäsato on keskimäärin 0,4 kg puu⁻¹, saadaan kerkkiä yhteensä 720 kg ha⁻¹. Hehtaarin alalta kerkkien keruu vie aikaa (ilman siirtymä ja taukoja) yhteensä 490 tuntia. Kun työaikaan lisätään 5% siirtymisiin ja taukoihin, niin hehtaarin keräämiseen kuluu aikaa 515 tuntia. Jotta keruu saadaan tehtyä yhden viikon aikana 8-tuntisina työpäivinä, hehtaarin alan (720 kg:n) keräämiseksi tarvitaan 13 henkilöä. Jos kerkistä maksetaan kerääjille 6 euroa kg⁻¹, niin kerkkien arvo on 4320 euroa ha⁻¹ ja kerääjien tuntipalkaksi muodostuu 8,4 euroa h⁻¹. Omana työnä kerätyistä kerkistä saatava myyntitulo on verovapaata luonnontuotetuloa.

Kerkkäkilon keräämiseen kuluva aika ei merkittävästi lyhene puun läpimitan kasvaessa (Kuva 3). Keruutyön tuottavuuteen voidaan kuitenkin vaikuttaa jonkin verran, kun keruuseen valitaan varttuneempia taimikoita. Jos Joensuun keruukokeen kuusten keskiläpimitta olisi ollut 4,7 cm:n sijasta 6,7 cm, niin kuvassa 2 esitetyn mallin mukaan kerkkäsäntö olisi 1,5-kertainen, keruun tuottavuus olisi 15% korkeampi ja kerääjien tuntipalkaksi muodostuisi 9,7 euroa h⁻¹.

Jos maanomistajalle maksetaan kuusenkerkkien keruuoikeudesta esimerkiksi 1 euro kg⁻¹, niin keruukokeen kerkkäsädolla vuokratuloksi muodostuu 720 euroa ha⁻¹. Keruuoikeuden vuokratulo on maanomistajalle maatalouden tuloa, jota verotetaan pääsääntöisesti ansiotulona. Seuraavassa tarkastellaan sitä, kattaako tämä vuokratulo taloudellisen menetyksen, mikä aiheutuu kuusikon kasvun hidastumisesta ja puunmyyntitulojen viivästyemisestä, kun kerkkiä kerätään taimikkovaiheessa.

Kuusengerkkiä oletettiin kerättävän taimikon ollessa 15 vuoden iässä, jolloin Motti-simuloidun istutuskuusikon valtapituus oli 6,6 m ja keskiläpimitta 5,7 cm. Kertakeruun jälkeen kasvujaksoilla 2003–2007 ja 2003–2016 havaittu sädekasvun hidastuminen 5%:lla ja 14%:lla kuvattiin laskelmissa siten, että kuusikon keskiläpimitan kehityksen ja metsänhoitosuosituksen mukaisten hakkuiden oletettiin viivästyvän samassa suhteessa. Vastaavasti otettiin huomioon myös kahdesti tehdyn keruun aiheuttama kasvun hidastuminen 20%:lla molemmilla kasvujaksoilla.



Kuva 5. Kuusikon hakkuutulojen nykyarvo 3%:n korkokannalla diskontattuna kerkkien keruuvuodelle (puuston ikä 15 vuotta), kun keruun aiheuttamasta kasvutappiosta seuraa 1–5 vuoden viive hakkuisiin. Viiveen aiheuttama taloudellinen menetys (euroa ha⁻¹) on merkitty pylväisiin. Istutuskuusikon kehitys ja hakkuut on simuloitu Motti-ohjelmistolla (Luonnonvarakeskus).

Jos kasvu hidastuisi 5%:lla ja vaikutus kestäisi viisi vuotta, niin hakkuiden laskennallinen viive olisi 0,25 vuotta ja keruulla ei olisi juuri taloudellista vaikutusta puuntuotantoon. Suurin laskennallinen kasvutappio saataisiin kahdesti tehdyn keruun jälkeen tilanteessa, jossa kasvutappio on 20% ja vaikutus kestäisi 15 vuotta (seurantajakson pituus keruukokeella). Tällöin hakkuut viivästyisivät kolmella vuodella. Jos 20%:n kasvutappio kestäisi vain viisi vuotta, niin viive olisi yksi vuosi.

Yhden vuoden viive kuusikon hakkuissa aiheutti 3% korkokannalla kerkkien keruuvuodelle diskontatuissa hakkuutulosten nykyarvossa menetyksen, jonka suuruus oli 183 euroa ha⁻¹ (Kuva 5). Vastaavasti kolmen vuoden viive hakkuissa alensi nykyarvoa 534 euroa ha⁻¹.

4 Tulosten tarkastelu

Tutkimustietoa kerkkäsadosta, keruunmenekistä ja keruun puustolle mahdollisesti aiheuttamista vaikutuksista tarvitaan, jos kuusenkerkkien kysyntä ja keruu terveys- ja hyvinvointituotteisiin lisääntyy. Tämän tutkimuksen tuloksia, erityisesti Ikaalisen keruukokeen kasvuvaihtelusta on kuitenkin pidettävä alustavina, koska koe oli perustettu peltomaalle istutettuun kuusentaimikkoon, koepuita oli suhteellisen vähän ja keruukäsittelyt tehtiin puutasolla, ei koealoittain.

Kuusenkerkkiä kerättiin 3–4-metrisistä kuusista keskimäärin noin 0,4 kg puu⁻¹, jolloin täystiheän kuusentaimikon kokonaissadon tuorepaino olisi 720 kg ha⁻¹. Tunniin kerkkiä saatiin kerättyä 1,64 kg. Keruunmenekissä on kerääjäkohtaista vaihtelua, jota ei kuitenkaan selvitetty tässä tutkimuksessa. Hyvällä kohdevalinnalla kerkkien keruuta voidaan tehostaa ja samalla lisätä keruutyön kannattavuutta. Joensuun keruukokeen taimikossa oli paikoitellen melko tiheä vesakko, joka hidasti keruuta. Lisäksi keruukokeita jonkin verran varttuneemmissa taimikoissa kerkkäsato olisi nyt mitattuja satoja korkeampi. Kun täystiheä kuusentaimikko varttuu, niin latvusto sulkeutuu ja alaoksien kerkkäsato pienenee. Siten optimaalisen kehitysvaihe kerkkien keruuseen lienee, kun kuusten läpimitta on 5–8 cm ja pituus 4–6 m. Vesakko varjostaa myös kuusten alaoksia ja vähentää kerkkäsatoa. Hyviä kerkkien keruukohteita olisivat konekitketyt kuusentaimikot, jotka varttuvat ilman kantovesojen aiheuttamaa kilpailua. Keruu kannattaa myös ajoittaa niin, että kerkät ovat mahdollisimman pitkiä mutta eivät kuitenkaan vielä puutuneita ja siten sopimattomia kuusenkerkkätuotteisiin. Kerkkien keruu ei lisää merkittävästi seuraavan kevään kerkkäsatoa, vaikka oksankärkiin syntyykin silmurykelmiä. Kerkkien keruu muokkaa latvuksen muotoa, joten keruu voisi soveltua joulukuusiviljelmille latvuksen muotoilumenetelmäksi.

Kerkkien keruu – erityisesti kun keruu tehtiin intensiivisesti ja toistettiin – hidasti puiden myöhempää paksuuskasvua. Pituuskasvua seurattiin Ikaalisen keruukokeella vain keruuvuosina 2003 ja 2004, jolloin keruun ei havaittu vaikuttavan pituuskasvuun, kun latvakasvaimiin ei koskettu (Potila ym. 2005). Keruuvuosien aikana keruu ei myöskään alentanut neulasten ravinnepitoisuuksia ja kuivapainoja, eikä heikentänyt puiden terveydentilaa. Sen sijaan paksuuskasvun havaittiin jo tuolloin alentuneen kerkkien keruun seurauksena. Tässä tutkimuksessa tehty vuotuisten kasvujen tarkastelu osoitti, että vain kahdesti tehty kerkkien keruu alensi tilastollisesti merkittävästi sädekasvua keruun aloittamisen jälkeisinä vuosina. Viiden vuoden kasvujakson aikana keruun jälkeen kahdesti kerättyjen puiden paksuuskasvu aleni 20%:lla kontrollipuiden kasvuun verrattuna, mutta kertakerättyjen puiden vain 5%. Kerkkien keruu koko latvuksen alueelta alensi kasvua enemmän kuin kerkkien osittainen keruu, mutta ero ei ollut tilastollisesti merkittävä.

Kasvututkimuksen näkökulmasta Ikaalisen koejärjestelyn heikkous on siinä, että käsittelyt tehtiin yksinpuin, ei koealoittain. Koepuiden kasvuvirtailu tehtiin siis keskenään kilpailevien kuusten välillä. Vaikka puun kasvu hidastuisi vain muutaman vuotena käsittelyn jälkeen, niin kasvutappio jatkuu tai voi jopa kertaantua puun heikentyneen kilpailuaseman vuoksi. Vuosilustoista

havaittu, pitkään jatkuva kasvuvaikutus ei todennäköisesti johdu itse keruusta, vaan siitä, että puu jää kilpailussa jälkeen lähellä kasvavista kontrollipuista tai vain kevyesti käsitellyistä puista. Tämän vuoksi tulokseksi saatuihin kasvueroihin on suhtauduttava varauksella, kun käsittelystä on kulunut useampi vuosi ja latvusto on sulkeutunut ja puiden välinen kilpailu on lisääntynyt. Käsitteilyn aiheuttama kasvutappio lienee pienempi ja ohimenevä silloin, kun kaikki puut käsitellään koealalla samalla tavalla. Jos parhaat puut jätettäisiin keräämättä ja kerkkiä kerättäisiin vain puista, jotka tullaan todennäköisesti poistamaan harvennuksissa, niin tällainen kerkkien keruu voimistaisi entisestään puiden koon eriytymistä.

Keruun puuntuotannolle aiheuttamaa taloudellista vaikutusta tarkasteltiin eripituisten hakkuutulojen viivästymisaikojen avulla. Tulokset perustuvat simulointilaskelmiin, joissa ei hyödynnetty kerkkäaineistoa. Yhden vuoden viiveen arvo oli noin 180 euroa ha⁻¹, kun viiveen pituus on yhdestä viiteen vuoteen. Maanomistajan saaman keruuoikeuden vuokratulon tulisi siis olla vähintään kasvun hidastumisesta aiheutuvan taloudellisen menetyksen suuruinen. Keruuoikeuden vuokratäytännöllä, joka on ollut 1 euro kg⁻¹, kerran tehdystä keruusta saatava vuokratulo (720 euroa ha⁻¹) kattaa kasvutappion aiheuttaman tulonmenetyksen, jos hakkuutulot viivästyvät enimmillään neljällä vuodella. Esimerkiksi kertakeruun 15 vuoden ajan jatkuva 14%:n kasvutappio viivästyttäisi kuusikon hakkuutuloja kahdella vuodella. Jos kertakeruu aiheuttaa vain 5%:n kasvutappion keruuta seuraavalla 5-vuotisjaksolla, niin kertakeruulla ei ole juuri vaikutusta kuusikon kehitykseen ja myöhempisiin hakkuisiin.

Tutkimus osoitti, että kerkkien keruu ei aiheuta suurta riskiä kuusikon kehitykselle, vaikka keruu hidastikin puiden paksuuskasvua. Kasvutappion seurauksena kuusikon hakkuiden laskettiin viivästyvän enintään muutamalla vuodella. Keruun kasvuvaikutuksia varttuneissa taimikoissa voidaan lieventää, kun osa kerkistä jätetään keräämättä (latvan yläosan pääteversot) ja keruu tehdään vain yhtenä vuotena.

Kiitokset

Tutkimus on osa Luonnonvarakeskuksen ja Itä-Suomen yliopiston hanketta ”Luonnontuotteista uutta liiketoimintaa (LUMO-INKA)” (2015–2017), johon saatiin rahoitus Tekesin Euroopan aluekehitysrahaston (EAKR) osarahoituksella toteutettavasta INKA – Innovatiiviset kaupungit -ohjelmasta. Ikaalisten kerkkien keruukoe perustettiin Metsäntutkimuslaitoksen toimesta hankkeessa ”ElintarvikePuu – mahan ja kerkkien mahdollisuudet elintarvikkeissa” (2002–2005), jota rahoitti Euroopan maatalouden ohjaus- ja tukirahasto (EMOTR). Kiitämme rahoittajia, metsänomistajia taimikoiden luovuttamisesta kokeisiin, Luken (Metlan) työntekijöitä kokeiden mittaamisesta – erityisesti Esa Ala-Laurinaho muistaen – sekä käsikirjoituksen tarkastajia artikkelia parantaneista kommentaareista.

Kirjallisuusluettelo

- Canham D.C., McAninch J.B., Wood D.W. (1994). Effects of the frequency, timing, and intensity of simulated browsing on growth and mortality of tree seedlings. *Canadian Journal of Forest Research* 24(4): 817–825. <https://doi.org/10.1139/x94-107>.
- Hynynen J., Salminen H., Ahtikoski A., Huuskonen S., Ojansuu R., Siipilehto J., Lehtonen M., Rummukainen A., Kojola S., Eerikäinen K. (2014). Scenario analysis for the biomass supply potential and the future development of Finnish forest resources. Metlan työraportteja 302. 106 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-40-2487-0>.

- Mikkonen H., Myllykoski L., Pongrácz E., Keiski R.L. (2005). Resources use optimization in small- and medium-sized juice plants in Northern Finland: a novel, waste-free utilization of annual shoots of Norway spruce. *Journal of Solid Waste Technology and Management* 31(2): 59–68.
- Piense H. (2003). Growth recovery in young, plantation white spruce following artificial defoliation and pruning. *Canadian Journal of Forest Research* 33(7): 1267–1275. <https://doi.org/10.1139/x03-051>.
- Potila H., Niemistö P., Savonen E.-M., Siuruainen K., Ala-Laurinaho E., Haapalehto M., Raitio H. (2005). Koivunmahlan ja kuusenkerkkien hyödyntäminen PK-elintarviketuotannossa – keruun vaikutukset puiden kasvuun ja terveydentilaan. Loppuraportti. Metsäntutkimuslaitos, Parkano. 30 s.
- Ristioja A. (2017). Luonnontuoteala. Työ- ja elinkeinoministeriö. Toimialaraportti 1/2017. 79 s. http://www.temtoimialapalvelu.fi/files/2773/Luonnontuoteala_2017.pdf. [Viitattu 8.8.2017].
- Salminen H., Lehtonen M., Hynynen J. (2005). Reusing legacy FORTRAN in the MOTTI growth and yield simulator. *Computers and Electronics in Agriculture* 49(1): 103–113. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2005.02.005>.
- Sankelo T., Siivari J. (2007). Luonnonraaka-aineiden terveysvaikutuksia. Kirjallisuustutkimus. CRS-Biotech Oy, Kyröskoski. 65 s. http://apumatti.redu.fi/admin/filecontrol/MS_577.pdf. [Viitattu 8.8.2017].
- Äijälä O., Koistinen A., Sved J., Vanhatalo K., Väisänen P. (toim.) (2014). Metsänhoidon suositukset. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion julkaisuja. 181 s. http://tapio.fi/wp-content/uploads/2015/06/Metsan_hoidon_suosituks_3_net_1709141.pdf. [Viitattu 8.8.2017].

9 viitettä.