



Jouni Siipilehto ja Jari Miina¹

Istutetulle rauduskoivulle kasvunlisäystä Motti-ohjelmistoon

Siipilehto J., Miina J. (2025). Istutetulle rauduskoivulle kasvunlisäystä Motti-ohjelmistoon. Metsätieteen aikakauskirja 2025-25009. Tieteen tori. 6 s. <https://doi.org/10.14214/ma.25009>

Yhteystiedot ¹Luonnonvarakeskus (Luke), Luonnonvarat, Joensuu

Sähköposti jari.miina@luke.fi

Hyväksytty 22.12.2025

Koivun jalostus ja uudistamismenetelmien kehitys muutostarpeen takana

Viime vuosikymmeninä sekä rauduskoivun taimimateriaali että kasvuolosuhteet ovat muuttuneet merkittävästi, mikä luo tarpeen tarkastella uudelleen viljelykoivikoiden kasvua ja kehitystä kuvaavia malleja. Rauduskoivun istutustaimet on jo pitkään kasvatettu muovihuonesiemenviljelyksissä tuotetuista jalostetuista siemenistä. Jalostusohjelman edistymisen myötä koivun siemenviljelykset on uudistettu entistä paremmilla jälkeläistestattujen pluspuiden klooneilla. Rauduskoivun siemenviljelyssiemenen kasvu- ja laatuominaisuuksien jalostushyötyjen onkin raportoitu parantuneen 1970-luvun alusta 2010-luvulle.

Rauduskoivun paakkutaimien kasvatuksessa on puolestaan siirrytty tuottamaan lyhyempiä (15–30 cm) pienipaakkuisia taimia, joita voidaan istuttaa pottiputkella. Aiemmin rauduskoivun taimet olivat 40–60 cm pitkiä isopaakkuisia taimia, jotka istutettiin kuokalla. Istutusalojen muokkauksessa käytetään lähes yksinomaan mätästystä aiemmin käytetyn laikutuksen ja äestyksen sijaan. Sekä taimimateriaalin että maanmuokkauksen kehityksen vuoksi voitiin olettaa, että istutetun rauduskoivun alkukehitys aliarvioituu Motti-ohjelmistolla.

Tässä työssä tarkastelimme vuonna 2024 mitattujen nuorten rauduskoivikoiden alkukehitystä. Tarkoituksena oli testata ja tarvittaessa kalibroida Motti-ohjelmiston rauduskoivun alkukehitystä ennustavia puustotunnusmalleja, jotka perustuvat 1976–1983 perustettuihin INKA-kokeisiin. Motin varhaiskehityksen puustotunnusmallien testaukseen valittujen taimikoiden ikä rajattiin 5–13 vuoteen. Aineistossa oli kaikkiaan 37 istutustaimikkoa, joista oli mitattu yhteensä 81 ympyräkoealaa (300 m²).

Pohjoisimmat istutustaimikot olivat Lieksassa (keskimääräinen lämpösumma 1190 °C vrk vuosina 1981–2010) ja Enossa (1240 °C vrk), kun taas eteläisimmät olivat Joutsenossa (1465 °C vrk), Nummi-Pusulassa (1430 °C vrk) ja Mynämäellä (1430 °C vrk). Kasvupaikka oli joko tuore kangas (MT) tai lehtomainen kangas (OMT).

Aineiston muodostus ja kehityksen ennustaminen Motissa

Aineiston muodostus ja ennustaminen Motti-ohjelmistolla tehtiin taimikon sijainnin, kasvupaikan ja koivikon tiheyden perusteella. Pääsääntöisesti loimme samalta paikkakunnalta mitatuista kohteista runkoluvultaan tiheimmän viljelytaimikon; harvempien taimikoiden kohdalla havaittuun tiheyteen harvennettiin taimikonhoidon yhteydessä. Samalla luontaisesti syntynyt sekapuusto harvennettiin kohteelta mitattuun tiheyteen. Laskennallinen taimikonhoito tehtiin 4 vuotta istutuksesta, jonka jälkeen uutta taimiainesta ei enää syntynyt. Taimikonhoidon jälkeen koivuntaimikon kehitystä simuloitiin taimikon mittaussajankohdan ikään saakka.

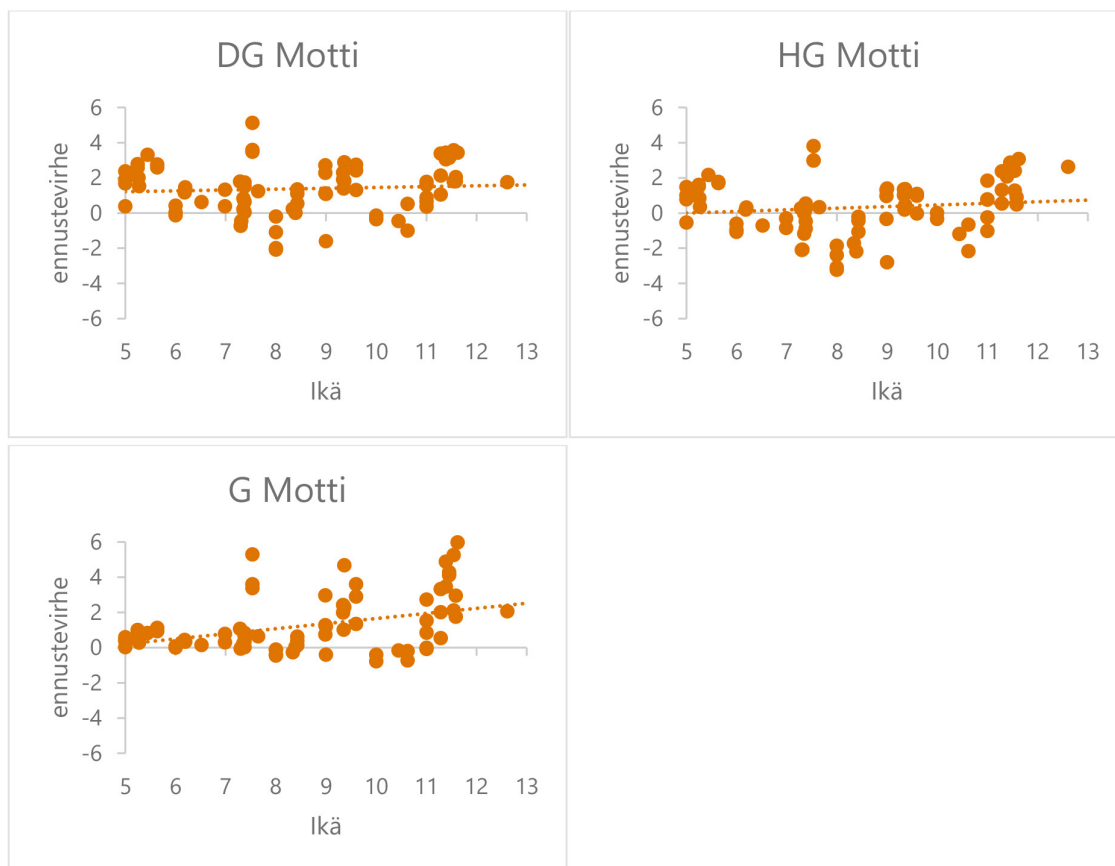
Taimikoiden ikänä käytettiin biologista ikää, ts. istutuksesta kuluneiden kasvukausien lukumäärää lisätynä istutustaimien iällä (istutustaimet 1-vuotiaita). Mittausaineisto oli kerätty kasvukauden aikana, jolloin mittauksissa on mukana vajaakasvua. Kasvukauden oletettiin alkavan 15.5. ja päättyvän 31.7. Taimikon ikään lisättiin se osuus kasvukaudesta, joka oli kulunut mittauspäivämäärään mennessä. Ikä oli kuvattu esimerkiksi arvolla 8,4 vuotta. Tätä desimaalilla kuvattua ikää voitiin käyttää sellaisenaan alkukehityksen ennustamisessa. Kuvauspuut luotiin 10–12 vuoden ikävaiheessa. Jos ikä osui puiden luonnin yhteyteen (esimerkiksi 11,3 vuotta), niin silloin simuloitiin kokonaisikään 11 ja 12 vuotta ja laskettiin näiden vuosien välinen kasvu puustotunnuksissa ja saatua kasvua painotettiin kyseisellä desimaalilla (0,3). Näin lasketut vajaakasvut lisättiin 11 vuoden puustotunnusten ennusteisiin.

Puustotunnuksista tarkasteltiin pohjapinta-alalla painotettua keskiläpimittaa (DG) ja -pituutta (HG) sekä istutusrauduskoivujen pohjapinta-alaa (G). Motti-ohjelmistossa puustotunnusmallit ovat kalibroituja malleja. Kalibroituvuus tarkoittaa sitä, että tunnettuja puustotunnuksia voidaan käyttää kalibroimaan tuntemattomia puustotunnuksia lineaarisen ennustamisen teorian mukaisesti (ns. paras lineaarinen ennustin). Pääsääntöisesti kalibroitimuuttuja on taimikoissa runkoluku (N), joka rauduskoivun kohdalla tarkoittaa aluksi istutustiheyttä ja taimikonhoidon jälkeen jäävää rauduskoivun runkolukua.

Alkuperäisten alkukehitysmallien mukaan DG:n aliarviot olivat hyvin selviä ja tasaisesti jakaantuneet iän suhteen, HG oli lähes harhaton ja G:n aliarvio kasvoi iän myötä (kuva 1). Ennustettu G jäi noin puoleen mitatusta (taulukko 1). DG:n aliarviota kuvaava suhdeluku 'Mitattu'/'Motti ennuste' sai arvon 1,42. Kun sitä kokeiltiin DG:n korjauskertoimena, niin kaikki tarkasteltavat puustotunnukset muuttuivat yliarvioiksi. Sen sijaan DG:n korjauskertoimella 1,3 saatiin varsin hyviä tuloksia. Tämä otettiin käyttöön istutetun rauduskoivun puustotunnusten ennusteiden korjaamiseksi.

Kun DG-ennuste korjattiin kertoimella 1,3, niin muut paitsi runkoluku ja HG ennustettiin uudelleen kalibroimalla puustotunnuksia tunnetulla runkoluvulla (N) ja korjatulla DG-ennusteella sekä alkuperäisellä HG-ennusteella. Tämän seurauksena pohjapinta-alan alkuperäinen yli 100 %:n aliarvio pieneni 17 %:n aliarvioksi (taulukko 1).

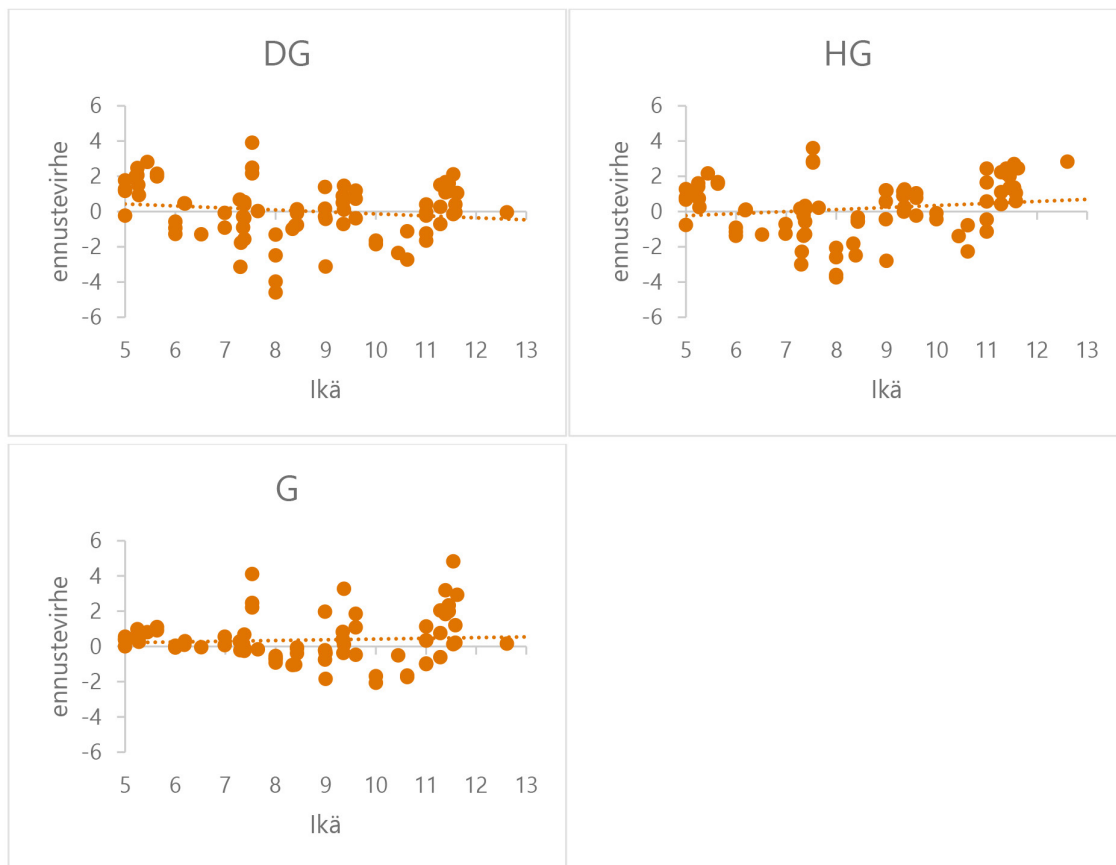
Keskimääräinen puun muoto (DG/HG) muuttui huomattavasti kalibroinnin myötä, kun DG-ennustetta korjattiin kertoimella 1,3 ja HG:n ennustetta ei muutettu (taulukko 1). Alkuperäinen ennuste kuvasi puiden muodon keskimäärin liian solakaksi, jolloin DG/HG oli keskimäärin vain 0,53. Kun DG kerrottiin kertoimella 1,3, saatiin keskimääräinen muoto Motilla (0,75) vastaamaan aineistossa havaittua muotoa (0,76).



Kuva 1. Motti-ohjelmiston alkuperäiset ennustevirheet pohjapinta-alalla painotetuissa keskiläpimitassa (DG, cm) ja -pituudessa (HG, m) sekä pohjapinta-alassa (G, m² ha⁻¹) istutetun rauduskoivikon kehityksen ennustamiseksi.

Taulukko 1. Ennustevirheet pohjapinta-alalla painotetuissa keskiläpimitassa (DG, cm) ja -pituudessa (HG, m) sekä pohjapinta-alassa (G, m² ha⁻¹). DG/HG kuvaa keskimääräistä puun muotoa. 'Motti ennuste' on Motin alkuperäisellä alkukehitysmallilla laskettu ennuste ja 'Motti ennuste (korj.)' on saatu, kun DG:n ennustetta korjattiin kertoimella 1,3.

	DG	HG	G	DG/HG
Motti ennuste	3,27	5,66	1,20	0,53
Mitattu	4,66	5,99	2,46	0,76
Mitattu/Motti ennuste	1,42	1,06	2,06	--
Korjaus 1,3 × DG				
Motti ennuste (korj.)	4,64	5,80	2,10	0,75
Mitattu/Motti ennuste (korj.)	1,00	1,03	1,17	--

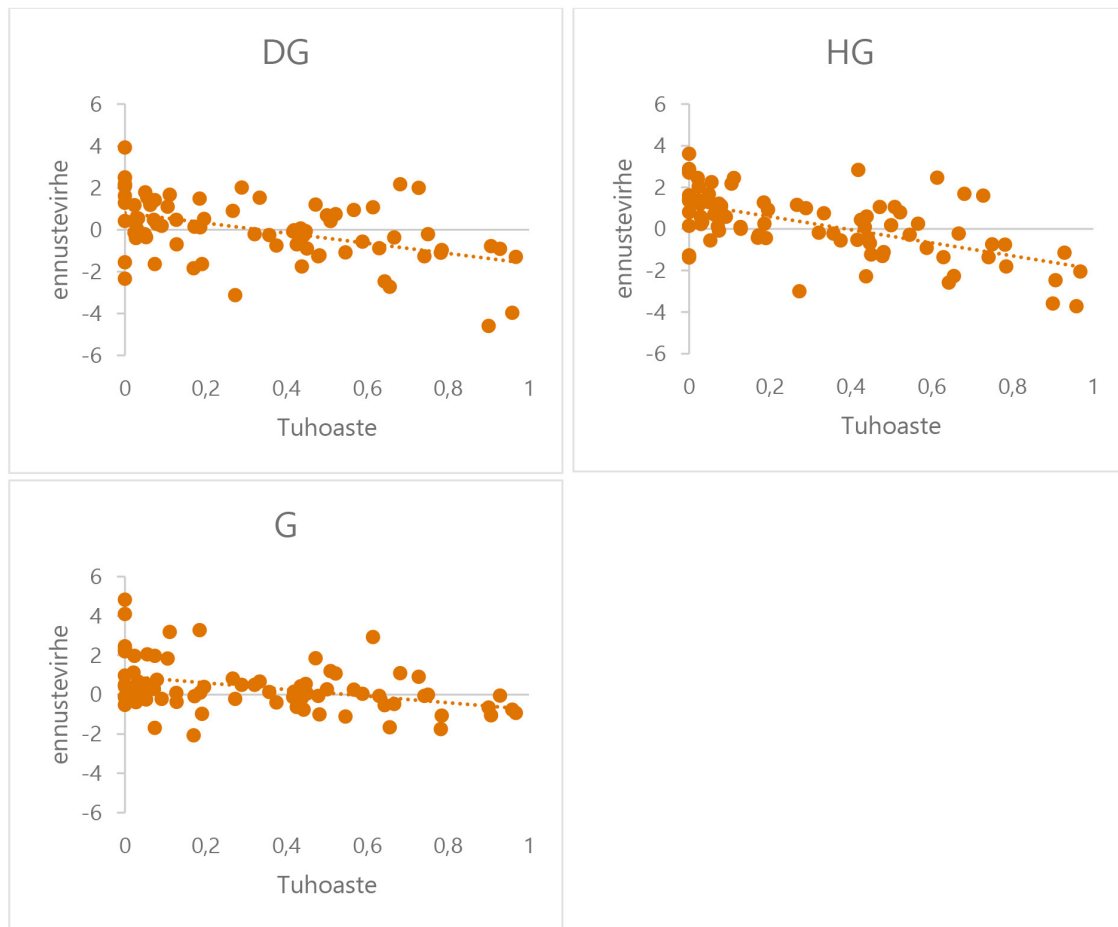


Kuva 2. Ennustevirheet pohjapinta-alapainotetuissa keskiläpimitassa (DG, cm) ja -pituudessa (HG, m) sekä pohjapinta-alassa (G, m² ha⁻¹), kun DG:n ennustetta korjattiin kertoimella 1,3.

HG- ja G-ennusteiden aliarvioista huolimatta ennustevirheiden jakaantuminen iän suhteen oli melko tasaista 1,3 × DG-korjauksen jälkeen (kuva 2). Nuorimmissa, 5-vuotiaissa metsiköissä ennusteisiin ei juuri voinut vaikuttaa, kun taimikonhoito tehtiin 4 vuotta istutuksesta. Näissä metsiköissä tunnusten aliarviot olivat selviä, mutta vanhemmissa metsiköissä tasaisemmin jakaantunut ja trendit olivat joko hyvin loivia (DG ja HG) tai sitä ei ollut (G) (kuva 2). Vaikka DG:n korjauskerroin 1,3 tuotti keskimäärin harhattoman keskiläpimitan, niin silti pohjapinta-alaan jäi lievä aliarvio (taulukko 1, kuva 2).

Hirvieläintuhot yleisiä rauduskoivun uudistusaloilla

Ennustevirheissä oli nähtävissä trendejä istutusrauduskoivikoiden koealakohtaisessa tuhoasteessa (kuva 3). Tuhoaste kuvaa tuhoja kokeneiden koivujen osuutta kaikista istutusrauduskoivuista: 0 = istuskoivuissa ei esiintynyt tuhoja; 1 = kaikissa koealan istutetuissa rauduskoivuissa esiintyi tuhoja. Nuorissa taimikoissa havaitut tuhot olivat eriaisteisia hirvieläinten aiheuttamia vaurioita latvuksissa. Erityisen selvästi tuhoasteen vaikutus näkyi keskipituudessa HG, jossa voimakkaimpien tuhojen kohdalla Motti-ennusteen yliarviot olivat jopa 3–4 m. Myös DG:n suurimmat 4–5 cm yliarviot saatiin suuren tuhoasteen yhteydessä. Toisaalta kuvan 3 lineaaristen trendien mukaan lievimpien tuhojen kohdalla (tuhoaste alle 0,2) Motin puustotunnusten ennusteet olivat keskimäärin lieviä aliarvioita.



Kuva 3. Ennustevirheet pohjapinta-alalla painotetuissa keskiläpimitassa (DG, cm) ja -pituudessa (HG, m) sekä pohjapinta-alassa (G, m² ha⁻¹) suhteessa 5–13-vuotiaiden istutettujen rauduskoivujen koealakohtaiseen tuhoasteeseen. Motin alkukehitysmalleissa keskiläpimitan (DG) ennuste korjattiin kertoimella 1,3.

Johtopäätökset

Alkuperäinen Motti-ennuste kuvasi istutusrauduskoivujen muodon keskimäärin liian solakaksi nuorista istutusrauduskoivikoista mitatussa testiaineistossa. Pohjapinta-alalla painotetun keskiläpimitan (DG) korjauskertoimella saatiin korjatut Motti-ennusteet lähes harhattomiksi ja puiden keskimääräinen muoto vastaamaan mitattua muotoa.

Istutuskoivujen kohtuullisen tuhoasteen (alle 0,5) suhteen Motin ennusteet olivat melko tarkkoja, mutta täysin tuhoista vapailla kohteilla ennusteet olivat lieviä aliarvioita ja voimakkaiden tuhojen koealoilla lieviä yliarvioita. Siten Motti ei ennusta potentiaalista, parasta mahdollista kehitystä, vaan keskimääräistä, lieviä tuhoista kärsineiden istutusrauduskoivikoiden kehitystä.

Pohjapinta-alan 17 %:n virhe voi vaikuttaa huolestuttavalta, mutta puuston varhaiskehitysvaiheessa pohjapinta-alan ennustaminen on hankalaa, eikä sen ennustetarkkuudella ole ratkaisevaa merkitystä ennen kuin kuvauspuut luodaan noin 10–12 vuoden ikävaiheessa. Kuvauspuiden luonnissa läpimittajakauma ennustetaan parametrin palautusmenetelmällä, jolloin ennustettu jakauma vastaa tarkasti puiden luontivaiheen runkolukua, pohjapinta-alaa ja keskiläpimittaa. Tässä vaiheessa koivikon pohjapinta-ala oli keskimäärin 4 m² ha⁻¹ ja virhe oli selvästi keskiarvoa pienempi, noin 12 %. Korjatuilla Motin varhaiskehityksen malleilla saadaan ennustettua nykyaikaisten istutettujen rauduskoivikoiden alkukehitys huomattavasti aikaisempaa tarkemmin.

Selvitys aineiston avoimuudesta

Luken Public Private Partnership (PPP) -rahoitteisessa hankkeessa nuorista istutuskoivikoista kerätty mittausaineisto ei ole avoimesti saatavilla.

Kirjoittajien roolit

Jouni Siipilehto (JS) ja Jari Miina (JM) osallistuivat tutkimuskysymyksen muotoiluun. JM vastasi aineiston hankinnasta. JS analysoi aineiston ja vastasi artikkelin kirjoittamisesta. Molemmat kirjoittajat ovat osallistuneet tulosten tulkintaan ja kirjoituksen muokkaamiseen, ja ovat hyväksyneet julkaistavan version.

Rahoitus

Tutkimus rahoitettiin osana Luonnonvarakeskuksen koordinoimaa Public Private Partnership (PPP) -rahoitteista 'Rauduskoivun kestävä kasvatusta Suomessa (KOIVU)' -hanketta, jonka kumppaneita ovat: Stora Enso Oyj, Metsä Group, UPM-Kymmene Oyj, Koskisen Oyj, Tornator Oyj, Siemen Forelia Oy, Partaharjun Puutarha Oy, Mellanå Plant Oy Ab, Pohjan Taimi Oy, Kekkilä Oy, Lallemand Finland Oy ja Maa- ja metsätaloustuottajain keskusliitto ry (MTK).

Kiitokset

Kiitämme Matti Haapasta käsikirjoituksen kommentoinnista rauduskoivun jalostushyödyn näkökulmasta.

Lähteitä

- Haapanen M (2024) Realised genetic gains from past Finnish silver birch seed orchards. *Silva Fenn* 58, article id 23072. <https://doi.org/10.14214/sf.23072>.
- Pikkarainen L, Luoranen J, Peltola H (2021) Early field performance of small-sized silver birch and Scots pine container seedlings at different planting depths. *Forests* 12, article id 519. <https://doi.org/10.3390/f12050519>.
- Siipilehto J (2021) Taimikoiden tila valtakunnan metsien 11. inventoinnin mukaan ja biometriset mallit eritasoisilla lähtötiedoilla. *Metsätieteen aikakauskirja*, artikkelitunnus 10421. <https://doi.org/10.14214/ma.10421>.
- Siipilehto J, Valkonen S, Ojansuu R, Hynynen J, Miina J, Saksa T (2014) Metsikön varhaiskehityksen kuvaus MOTTI-ohjelmistossa. *Metlan työraportteja* 286. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-40-2463-4>.