



Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 92/2024

Synteesiraportti: Metsien kasvun lisäämisen keinot ja vaikutukset

Jari Hynynen, Saija Huuskonen, Sonja T Kujala, Matleena Kniivilä, Aleksi Lehtonen, Markus Melin, Katharina Albrich, Joanne Demmler, Matti Haapanen, Soili Haikarainen, Juha Heikkinen, Hannu Hirvelä, Juha Honkaniemi, Hannu Hökkä, Harri Kilpeläinen, Kari T Korhonen, Hanni Kärkkäinen, Katri Kärkkäinen, Mika Lehtonen, Jaana Luoranen, Eduardo Martínez García, Jari Miina, Antti Mutanen, Harri Mäkinen, Saana Palmu, Hannu Salminen, Jouni Siipilehto, Hanna Siiskonen, Leena Stenberg, Paul Szejner ja Olli-Pekka Tikkasalo

Synteesisiraportti: Metsien kasvun lisäämisen keinot ja vaikutukset

Jari Hynynen, Saija Huuskonen, Sonja T Kujala, Matleena Kniivilä, Alekski Lehtonen, Markus Melin, Katharina Albrich, Joanne Demmler, Matti Haapanen, Soili Haikarainen, Juha Heikkinen, Hannu Hirvelä, Juha Honkaniemi, Hannu Hökkä, Harri Kilpeläinen, Kari T Korhonen, Hanni Kärkkäinen, Katri Kärkkäinen, Mika Lehtonen, Jaana Luoranan, Eduardo Martínez García, Jari Miina, Antti Mutanen, Harri Mäkinen, Saana Palmu, Hannu Salminen, Jouni Siipilehto, Hanna Siiskonen, Leena Stenberg, Paul Szejner ja Olli-Pekka Tikkasalo

Viittausohje:

Hynynen, J., Huuskonen, S., Kujala, S.T., Kniivilä, M., Lehtonen, A., Melin, M., Albrich, K., Demmler, J., Haapanen, M., Haikarainen, S., Heikkinen, J., Hirvelä, H., Honkaniemi, J., Hökkä, H., Kilpeläinen, H., Korhonen, K.T., Kärkkäinen, H., Kärkkäinen, K., Lehtonen, M., Luoranen, J., Martínez García, E., Miina, J., Mutanen, A., Mäkinen, H., Palmu, S., Salminen, H., Siipilehto, J., Siiskonen, H., Stenberg, L., Szejner, P. ja Tikkasalo, O.-P. 2024. Synteesiraportti: Metsien kasvun lisäämisen keinot ja vaikutukset. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 92/2024. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 52 s.

ORCID ID (Jari Hynynen), <https://orcid.org/0000-0002-9132-8612>



ISBN: 978-952-380-985-7 (Verkkajulkaisu)

ISSN: 2342-7639 (Verkkajulkaisu)

URN: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-985-7>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Jari Hynynen, Saija Huuskonen, Sonja T Kujala, Matleena Kniivilä, Alekski Lehtonen, Markus Melin, Katharina Albrich, Joanne Demmler, Matti Haapanen, Soili Haikarainen, Juha Heikkinen, Hannu Hirvelä, Juha Honkaniemi, Hannu Hökkä, Harri Kilpeläinen, Kari T Korhonen, Hanni Kärkkäinen, Katri Kärkkäinen, Mika Lehtonen, Jaana Luoranen, Eduardo Martínez García, Jari Miina, Antti Mutanen, Harri Mäkinen, Saana Palmu, Hannu Salminen, Jouni Siipilehto, Hanna Siiskonen, Leena Stenberg, Paul Szejner ja Olli-Pekka Tikkasalo

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2024

Julkaisuvuosi: 2024

Kannen kuva: Erkki Oksanen

Synteesiraportti: Metsien kasvun lisäämisen keinot ja vaikutukset

Jari Hynynen, Saija Huuskonen, Sonja T Kujala, Matleena Kniivilä, Alekski Lehtonen, Markus Melin, Katharina Albrich, Joanne Demmler, Matti Haapanen, Soili Haikarainen, Juha Heikkinen, Hannu Hirvelä, Juha Honkaniemi, Hannu Hökkä, Harri Kilpeläinen, Kari T Korhonen, Hanni Kärkkäinen, Katri Kärkkäinen, Mika Lehtonen, Jaana Luoranen, Eduardo Martínez García, Jari Miina, Antti Mutanen, Harri Mäkinen, Saana Palmu, Hannu Salminen, Jouni Siipilehto, Hanna Siiskonen, Leena Stenberg, Paul Szejner ja Olli-Pekka Tikkasalo

Tämän raportin ydinviestit:

- Metsien käytön kokonaiskestävyyden varmistamiseksi tarvitaan nykyistä tehokkaampia toimia. Kasvua tulee saada lisättyä puuntuotannon metsissä, jos halutaan ylläpitää puuntuotanto nykytasolla ja samalla vahvistaa metsien hiilensidontaa.
- Metsien kasvua voidaan edistää käyttämällä jalostettua siemen- ja taimimateriaalia ja valitsemalla kasvupaikalle sopivia puulajeja. Myös metsänlannoituksilla voidaan lisätä kasvua. Terveissä metsissä puustoa voidaan kasvattaa järeämmäksi hiilivaraston lisäämiseksi.
- Metsien kasvun lisäämiseksi on tärkeää huolehtia myös taimikonhoidosta ja kasvatushakkuista, joissa ohjataan kasvua hyväkasvuisiin puihin. Erityisesti männiköissä tulee kuitenkin välttää liian voimakkaita harvennuksia.
- Näillä keinoilla voitaisiin koko maan mittakaavassa saavuttaa vuosittain usean miljoonan kuutiometrin kasvun lisäys.
- Metsien sopeutumiskykyä voidaan lisätä monipuolistamalla metsänhoitoa ja metsien puulajikirjoa, lisäämällä monimuotoisuutta sekä käyttämällä kestäväää ja sopeutumiskykyistä metsänviljelymateriaalia.
- Metsien kasvun ja elinvoimaisuuden turvaaminen edellyttää kohteelle soveltuvien puulajien ja metsänhoitomenetelmien valitsemista. Korkean tuhoriskien alueilla metsien käsittelyssä tulee painottaa tuhoriskien välttämistä ja jo toteutuneiden tuhovaurioiden korjaamista.

Tiivistelmä

Jari Hynynen¹, Saija Huuskonen², Sonja T Kujala³, Matleena Kniivilä², Aleksi Lehtonen², Markus Melin⁴, Katharina Albrich², Joanne Demmler², Matti Haapanen², Soili Haikarainen², Juha Heikkinen², Hannu Hirvelä², Juha Honkaniemi², Hannu Hökkä³, Harri Kilpeläinen⁴, Kari T Korhonen⁴, Hanni Kärkkäinen⁵, Katri Kärkkäinen², Mika Lehtonen², Jaana Luoranen⁶, Eduardo Martínez García², Jari Miina⁴, Antti Mutanen⁴, Harri Mäkinen², Saana Palmu⁴, Hannu Salminen⁷, Jouni Siipilehto², Hanna Siiskonen^{8,2}, Leena Stenberg², Paul Szejner² ja Olli-Pekka Tikkasalo²

¹Luonnonvarakeskus, Savonlinna

²Luonnonvarakeskus, Helsinki

³Luonnonvarakeskus, Oulu

⁴Luonnonvarakeskus, Joensuu

⁵Luonnonvarakeskus, Jokioinen

⁶Luonnonvarakeskus, Suonenjoki

⁷Luonnonvarakeskus, Rovaniemi

⁸Itä-Suomen yliopisto, Joensuu

Suomen monipuoliset ja runsaat metsävarat ovat perusta metsien kestäväälle hyödyntämiselle. Viime vuosina ilmastonmuutos, metsien käytön muutokset ja biologisen monimuotoisuuden yksipuolistuminen ovat heikentäneet metsien elinvoimaisuutta. Kotimaisen puun kysynnän kasvu, metsien kasvun notkahdus ja hiilinielujen heikkeneminen edellyttävät uusia keinoja metsien kasvun ja kestävyuden parantamiseksi.

Puuntuotannon metsissä kokonaiskestävä käsittely edellyttää metsien hiilensidontaa vähentävän puunkäytön ja hiilensidontaa lisäävän metsien kasvun yhteensovittamista. Puun kysynnän säilyessä korkealla tasolla ainoa keino ylläpitää hiilinieluja on lisätä puuston kasvua ja vähentää metsämaan hiilipäästöjä metsänhoidon avulla.

Keskeiset ratkaisut ovat jalostetun metsänviljelymateriaalin käyttö, tehokas metsän uudistaminen, varhaishoito, voimakkaiden harvennusten välttäminen sekä kiertoajan pidentäminen. Myös kasvatuslannoitus voi merkittävästi lisätä kasvua. Näillä toimilla voitaisiin saavuttaa vuosittain lähimmän 10 vuoden aikana arviolta jopa noin kolmen, 10–20 vuoden kuluttua noin seitsemän ja 20–30 vuoden kuluttua noin 10 miljoonan kuutiometrin kasvunlisäys.

Ilmastonmuutos ja sen aiheuttamat sään ääri-ilmiöt lisäävät metsätuhoja. Metsien monimuotoisuutta ja vastustuskykyä voidaan kuitenkin vahvistaa esimerkiksi kasvattamalla lehtipuiden osuutta ja varmistamalla metsänviljelymateriaalin kestävyys ja sopeutumiskyky. Tämä voi auttaa metsien sopeutumisessa. Kullekin kohteelle soveltuvien puulajien ja metsänhoitomenetelmien valitseminen ovat avain metsien kasvun ja elinvoimaisuuden turvaamiseen.

Asiasanat: harvennus, hiilensidonta, ilmastonmuutos, jatkuva kasvatus, kiertoaika, lannoitus, metsänhoito, metsänjalostus, metsästrategia, metsätuhot, metsävarat, monipuulajisuus, sopeutuminen

Abstract

Jari Hynynen¹, Saija Huuskonen², Sonja T Kujala³, Matleena Kniivilä², Aleksi Lehtonen², Markus Melin⁴, Katharina Albrich², Joanne Demmler², Matti Haapanen², Soili Haikarainen², Juha Heikkinen², Hannu Hirvelä², Juha Honkaniemi², Hannu Hökkä³, Harri Kilpeläinen⁴, Kari T Korhonen⁴, Hanni Kärkkäinen⁵, Katri Kärkkäinen², Mika Lehtonen², Jaana Luoranen⁶, Eduardo Martínez García², Jari Miina⁴, Antti Mutanen⁴, Harri Mäkinen², Saana Palmu⁴, Hannu Salminen⁷, Jouni Siipilehto², Hanna Siiskonen^{8,2}, Leena Stenberg², Paul Szejner² ja Olli-Pekka Tikkasalo²

¹Natural Resources Institute Finland, Savonlinna

²Natural Resources Institute Finland, Helsinki

³Natural Resources Institute Finland, Oulu

⁴Natural Resources Institute Finland, Joensuu

⁵Natural Resources Institute Finland, Jokioinen

⁶Natural Resources Institute Finland, Suonenjoki

⁷Natural Resources Institute Finland, Rovaniemi

⁸University of Eastern Finland, Joensuu

Finland's diverse and abundant forest resources are the foundation for the sustainable use of forests. In recent years, climate change, changes in forest utilization, and loss of biological diversity have weakened forest vitality. Increased demand for domestic wood, a reduction in forest growth, and the weakening of carbon sinks call for new methods to enhance forest growth and sustainability.

In production forests, comprehensive sustainable management requires balancing forest utilization, which reduces carbon sequestration, with measures that enhance forest growth and increase carbon sequestration. With wood demand remaining high, the only way to maintain carbon sinks is to increase forest growth and reduce soil carbon emissions through forest management.

Key solutions include the use of improved forest regeneration materials, effective forest regeneration, juvenile stand management, avoiding intensive thinnings, and extending the rotation period. Fertilization in managed forests can also significantly boost growth. These measures are estimated to achieve an annual increase in growth rate of around 3 million cubic meters in 10 years, 7 million cubic meters in 10–20 years, and 10 million cubic meters in 20–30 years.

Climate change and related extreme weather events are expected to increase forest damage. However, forest biodiversity and resilience can be strengthened, for example, by increasing the proportion of broadleaved trees and ensuring resilience and adaptability of forest regeneration material. This can support forest adaptation. Selecting suitable tree species and applying tailored forest management methods for each site are crucial to securing forest growth and vitality.

Keywords: carbon sequestration, climate change, continuous cover forestry, fertilization, forest damage, forest resources, forest strategy, forest tree breeding, rotation period, silviculture, thinning, tree species diversity

Sisällys

1. Johdanto.....	1
2. Metsien käytön tavoitteet Suomessa ja Euroopassa	2
Tietoaukeama: EU:n ja sen jäsenvaltioiden metsästrategioiden tavoitteissa on yhtäläisyyksiä ja eroja	4
3. Suomen metsien kasvutrendit ja kasvunvaihtelu	6
4. Metsien käsittelyn keinot kasvun lisäämiseksi	10
4.1. Puuston kasvun ja hiilensidonnann iänmukainen kehitys hoidetussa puutuotannon metsässä	10
4.2. Uudistaminen ja varhaishoito	13
Uudistaminen	13
Tietoaukeama: Kuivuus ja talvituhot heikentävät taimikoiden kasvua	14
Taimikonhoito	16
4.3. Harvennukset ja kiertoaika.....	19
Harvennusten voimakkuus	19
Kiertoajan pidentäminen	21
Kiertoaikojen ja kasvatustiheyksien nostamisen vaikutukset metsävaroihin	22
4.4. Jalostetun viljelymateriaalin käyttö	25
Jalostuksen vaikutus puuston kasvuun	25
Jalostetun viljelymateriaalin käyttö ja sen vaikutukset metsien kasvuun	26
4.5. Metsänlannoitus	28
Lannoituksen tavoitteet	28
Kivennäismaiden lannoitukset	28
Turvemaiden lannoitukset	28
Lannoituspinta-alat ja lannoituksen vaikutus Suomen metsien kasvuun	29
4.6. Jatkovapeitteinen metsänkäsittely	32
5. Metsien elinvoimaisuuden turvaaminen	36
5.1 Metsien sopeutumisen turvaaminen	36
Genetiikka ja jalostus metsien kasvua tukemassa	36
Tietoaukeama: Männyn kasvun vuotuinen vaihtelu viittaa ilmastokestävyyden perinnöllisyyteen	37
5.2 Metsien monipuulajisuuden lisääminen	39
Tietoaukeama: Metsien monipuulajisuuden lisäämisen vaikutukset metsien kasvuun aluetasolla	42
5.3 Riskien hallinta kiertoaikoja pidennettäessä	44
Tietoaukeama: Kiertoajan pidennyksillä voi kasvattaa hiilivarastoa hallituin riskein	46

5.4 Metsien kuivuusstressit ja niihin varautuminen	48
Tietoaukeama: Metsien sopeutuminen ilmastonmuutokseen Etelä-Suomessa: Vuosilustot kuivuuden kasvuvaikutusten arvioinnissa	49
6. Yhteenveto ja johtopäätökset	51

1. Johdanto

Suomen runsaat, monipuoliset ja elinvoimaiset metsävarat ovat perusta metsien kokonaiskestävälle hyödyntämiselle. Viime vuosiin asti kestänyt puuston määrän ja kasvun tasainen lisääntyminen on mahdollistanut kasvavan puunkäytön metsäbiotalouden tarpeisiin. On myös luotettu siihen, että kasvavat metsävaramme turvaavat jatkossa hyvät edellytykset niiden entistä monipuolisemmalle ja kestäväälle hyödyntämiselle (Kuva 1).



Kuva 1. Metsiin kohdistuu monia tarpeita. Ne toimivat elinympäristöinä, hiilinieluinä ja monien ekosysteemipalveluiden tuottajina. Kasvat, sopeutumiskykyiset ja tuhonkestävät metsät mahdollistavat tämän. Metsien kasvua ja sopeutumiskykyä voidaan lisätä muun muassa monipuolaisuudella, hyvällä metsänhoidolla, sekä metsänjalostuksen keinoin. Metsäpoliittisen keskustelun ja ohjauskeinojen suunnitteluun ja toteutukseen tarvitaan tutkittua tietoa, jotta tunnistetaan ja otetaan huomioon sekä yhteiskunnan että luonnon tarpeet.

Viime vuosina muutokset sekä ilmastossa että metsien käytön toimintaympäristössä ovat nopeasti kärjistyneet ja muodostavat entistä konkreettisemmän uhan metsien kestävyydelle ja niiden kestäväälle käytölle. Kotimaisen puun kysynnän kasvu Venäjän puun tuonnin lakattua ja uusien tuotantolaitosten käynnistyttyä, metsien vuotuisen kasvun notkahdus, metsien hiilinielun heikkeneminen, sekä metsien yksipuolinen eliölajisto antavat syyn etsiä entistä tehokkaampia kestäviä keinoja lisätä metsien kasvua ja elinvoimaa.

Metsien kasvu on yksi, joskaan ei ainoa mittari metsien elinvoimaisuudelle. Metsien kasvusta huolehtiminen on kuitenkin välttämätöntä, jotta metsäbiotalouden tarvitsema puun saatavuus voidaan yhteensovittaa metsien muiden ekosysteemipalveluiden kanssa ja samalla ylläpitää metsäelinympäristöjen tuhonkestävyyttä ja palautumiskykyä.

Tämä synteesiraportti on tiivis katsaus siihen, mitä metsien kasvusta ja elinvoimaisuudesta, sekä niihin vaikuttavista tekijöistä tiedetään uusimman tutkimustiedon pohjalta. Tarkastelussa arvioidaan metsien kasvun lisäämiskeinojen tehokkuutta ja vaikutusta metsien kehitykseen ottaen huomioon kokonaiskestävyyden eri näkökulmat.

Raportti on laadittu hankkeessa Metsien kasvu: syyt kasvun alenemiseen, mahdollisuudet lisätä kasvua ja hiilivarastojen kasvattamisen riskit (MEKA2.0), joka on osa maa- ja metsätalousministeriön rahoittamaa Hiilestä kiinni- tutkimus- ja innovaatio-ohjelmaa. Hankkeen osatöissä keskityttiin metsien kasvun ja elinvoimaisuuden kannalta olennaisiin tutkimusteemoihin, joista oli tarve nopeasti täydentää aiempaa tutkimustietoa. Synteesiraporttiin onkin sisällytetty aikaisempien tutkimustulosten lisäksi MEKA2.0-hankkeen tutkimustulosten tiivistelmät. Ne on esitetty raportissa muusta tekstistä erottuvien tietoaukeamien muodossa.

2. Metsien käytön tavoitteet Suomessa ja Euroopassa

Suomen metsäpolitiikkaa ohjaa Kansallinen metsästrategia 2035 (Maa- ja metsätalousministeriö 2023), joka on lakisäteinen metsäohjelma. Strategian taustalla on metsäalan toimintaympäristön muutokset sekä kansallisesti että kansainvälisesti. Maa- ja metsätalousministeriön mukaan strategiaa laadittaessa on pyritty ottamaan huomioon kestävä kehitys mahdollisimman kokonaisvaltaisesti sekä metsien merkitys ilmastonmuutoksen hillinnässä ja siihen sopeutumisessa.

Kansallisen metsästrategian visiona on tavoitella kasvavaa hyvinvointia metsistä ja metsille

- turvaamalla kilpailukykyinen toimintaympäristö uudistuvalla ja vastuullisella metsäalalla
- käyttämällä metsiä aktiivisesti, kestävästi ja monipuolisesti
- vahvistamalla metsien elinvoimaisuutta, monimuotoisuutta ja sopeutumiskykyä
- vahvistamalla tiedolla johtamista ja osaamista metsäalalla.

Metsien kasvu on yksi kansallisen metsästrategian kärkihankkeista. Metsästrategian mukaan kärkihanke toteuttaa erityisesti metsien aktiivisen, kestävä ja monipuolisen käytön päämäärää sekä osaltaan myös metsien elinvoimaisuuden ja sopeutumiskyvyn tavoitteita. Tavoitteena on muun muassa lisätä metsien hiilensidontaa ja puuntuotosta, ylläpitää ja kasvattaa hiilinielua sekä kehittää riskienhallintaa. Nielu- ja päästötavoitteisiin pyrkiminen sisältyy kärkihankkeeseen. Strategiassa esitetään erilaisia metsänhoidollisia toimenpiteitä kasvun lisäämiseksi ja ylläpitämiseksi. Toimenpiteet liittyvät esimerkiksi metsien lannoitukseen, metsänjalostukseen, taimikonhoitoon ja metsätuhojen torjuntaan.

Kansallisesti metsien käyttöön vaikuttavat metsästrategian lisäksi myös muut politiikan alat ja niihin liittyvät strategiat, kuten ilmasto- ja biodiversiteettipolitiikka sekä biotalouteen laajemmin liittyvät toimenpiteet ja biotalousstrategia. Myös esimerkiksi kauppapolitiikka vaikuttaa metsäsektorin toimintaedellytyksiin.

Euroopan unionilla on oma metsästrategiansa, mutta ei varsinaisesti omaa metsäpolitiikkaa. Metsästrategian tavoitteet heijastelevat EU:n vihreän kehityksen ohjelman tavoitteita muun muassa ilmasto- ja biodiversiteettipolitiikan osalta. Ilmasto- ja biodiversiteettipolitiikan kautta jäsenmaihin tulee velvoittavaa lainsäädäntöä, joka vaikuttaa metsien käyttöön ja metsänhoi-

toon. Kaikkiaan metsiin ja metsien käyttöön liittyvän sääntelyn määrä on suuri. Erilaisia sääntelydokumentteja (lainsäädäntö, strategiat, ohjeet jne.) on useita kymmeniä ja kokonaisvaikutusten arviointi on hyvin hankalaa.

Tavoitteet metsien käytölle vaihtelevat EU-maiden välillä. Useilla EU:n jäsenvaltioilla on maakohtaiset metsästrategiat, jotka heijastelevat kyseisten maiden metsien kestävyteen ja hyödyntämisen kannalta keskeisiä painopisteitä (Tietoaukeama: *EU:n ja sen jäsenvaltioiden metsästrategioiden tavoitteissa on yhtäläisyyksiä ja eroja*). Metsien kasvu ei näy EU:n tai monien EU-maiden tavoitteissa suoraan, mutta se näkyy välillisesti muun muassa ilmastotavoitteiden kautta. EU:n metsästrategiassa kasvun tavoittelu näkyy konkreettisemmin esimerkiksi tavoitteena istuttaa kolme miljardia uutta puuta vuoteen 2030 mennessä.

Viitteet

Maa- ja metsätalousministeriö 2023. Kansallinen metsästrategia 2035. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 2023: 22, 55 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-366-740-2>

EU:n ja sen jäsenvaltioiden metsästrategioiden tavoitteissa on yhtäläisyyksiä ja eroja

Matleena Kniivilä, Antti Mutanen ja Hanna Siiskonen

EU:lla ei ole sen perussopimusten mukaan yhteistä metsäpolitiikkaa, vaan metsäasiat kuuluvat ensisijaisesti jäsenvaltioiden toimivaltaan. Euroopan vihreän kehityksen ohjelma, sen tavoitteita heijasteleva EU:n uusi metsästrategia sekä eri sektoripolitiikkoihin liittyvä suuri joukko velvoittavaa lainsäädäntöä vahvistavat kuitenkin voimakkaasti EU:n metsiin liittyvää ohjausta. Jos jäsenvaltioiden tavoitteet eroavat merkittävästi toisistaan tai EU:n yhteisistä tavoitteista, aiheuttaa tämä ristiriitoja politiikan toteuttamisessa.

Kuinka tutkimus toteutettiin:

Tutkimuksessa analysoitiin pääasiassa laadullisen analyysin keinoin yhdeksän jäsenvaltion kansallisia metsästrategioita sekä EU:n metsästrategiaa. Maiden valinnassa keskeisinä kriteereinä olivat maantieteellinen edustavuus ja strategian laadinnan ajankohta. Hankkeessa arvioitiin onko EU:n sisällä tavoitteiltaan keskenään samankaltaisia jäsenvaltioryhmiä, mitä asioita kukin ryhmä painottaa tavoitteissaan ja onko EU:n uusi metsästrategia linjassa kansallisten strategioiden kanssa. Metsien kasvu oli yksi tarkasteltavista asioista. Tutkimus toteutettiin Luonnonvarakeskuksen ja Itä-Suomen yliopiston yhteistyönä.

EU:ssa painotukset muuttuneet ajan kuluessa

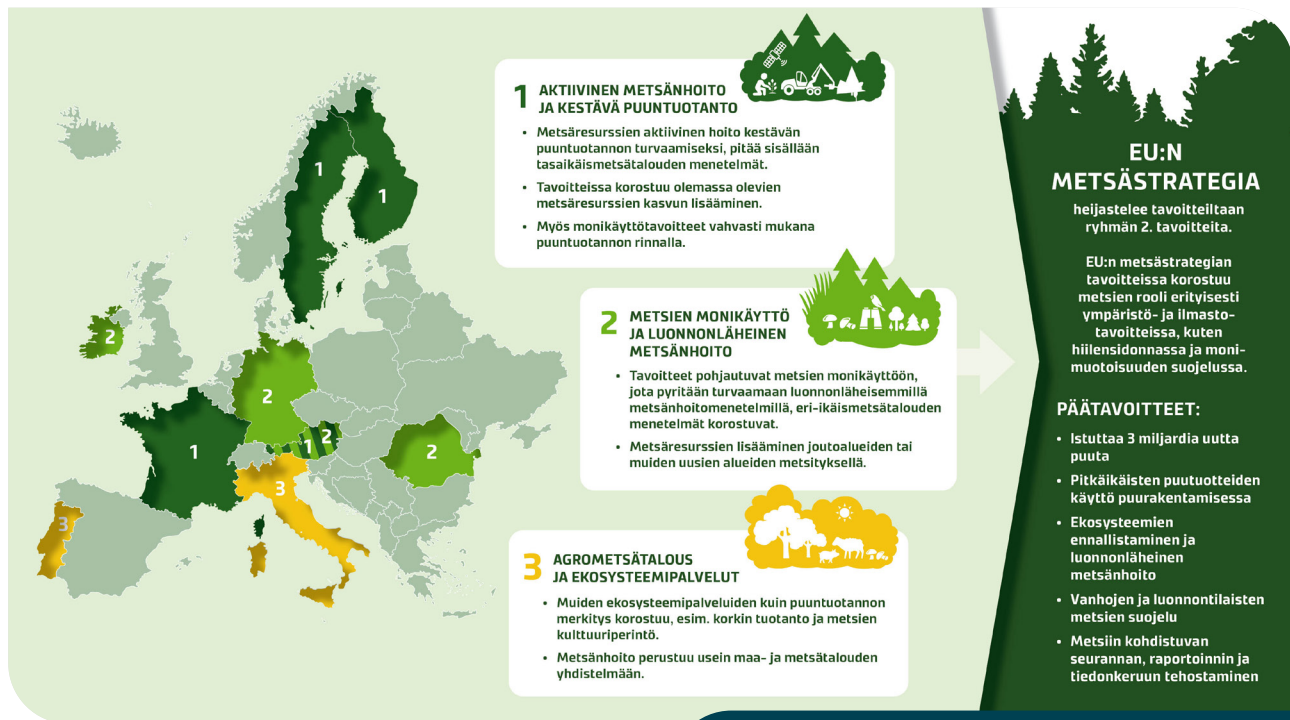
EU:ssa metsäkysymykset ovat sen perustamisesta lähtien aina 1990-luvulle saakka olleet osa yhteistä maatalouspolitiikkaa. Ensimmäinen metsästrategia laadittiin vuonna 1998 ja siinä painotettiin kestävä metsänhoitoa ja metsäteollisuuden kilpailukykyä. EU:n tuorein metsästrategia julkaistiin vuonna 2021,

ja se poikkeaa tavoitteiltaan aiemmista strategioista. Pääpaino on vihreän kehityksen ohjelman mukaisissa ilmasto- ja ympäristötavoitteissa sekä metsien roolissa näiden saavuttamiseksi.

Metsien käytön tavoitteissa eroa EU-maiden välillä

Analysoitujen jäsenvaltioiden metsäpoliittisten tavoitteiden painotuksissa havaittiin selkeitä eroja. Osa jäsenvaltioista painottaa taloudellisia hyötyjä, osa puolestaan ympäristöhyötyjä tai keräilytuotteiden käyttöä. Yleisesti kaikki jäsenvaltiot pyrkivät kuitenkin tasapainoilemaan eri tavoitteiden välillä. EU:n metsästrategiassa korostuvat erityisesti ilmasto- ja ympäristötavoitteet, kuten hiilensidonta, biodiversiteetin suojelu ja elinympäristöjen ennallistaminen. Metsien talouskäyttöön liittyvät tavoitteet jäävät taka-alalle.





Metsien kasvu ei sellaisenaan korostu kansallisissa tavoitteissa

Metsien kasvu ei yksittäisenä tavoitteena nouse vahvasti esiin analysoitujen jäsenvaltioiden ja EU:n metsästrategioissa. Metsien kasvu tulee kuitenkin esiin välillisesti erityisesti ilmastotavoitteissa. Pyrkimyksenä voi olla ilmastosyiden vuoksi lisätä metsäresursseja joko lisäämällä olemassa olevien metsien kasvua tai kasvatamalla metsien pinta-alaa metsittämällä. Joissakin

Hankkeessa analysoitiin yhdeksän EU-maan ja EU:n metsästrategiat. EU-maista mukana olivat Irlanti, Italia, Itävalta, Portugali, Ranska, Romania, Ruotsi, Saksa ja Suomi. Strategian tavoitteiden perusteella maat voitiin jakaa kolmeen ryhmään.

maissa metsävarojen kasvuun liittyvä tavoite on vahvasti talouspainotteinen: metsien kasvua olisi lisättävä raaka-puun saatavuuden lisäämiseksi. EU:n metsästrategiassa tavoitteena on istuttaa 3 miljardia uutta puuta vuoteen 2030 mennessä. Vastaavia tavoitteita on myös joissakin kansallisissa metsästrategioissa.

Tutkimuksessa mukana olleet jäsenvaltiot voitiin jakaa tavoitteiden perusteella kolmeen ryhmään:

1. Aktiivinen metsänhoito ja kestävä puuntuotanto
2. Metsien monikäyttö ja luonnonläheinen metsänhoito
3. Agrometsätalous ja muut ekosysteemipalvelut kuin puuntuotanto

EU:n uusi metsästrategia heijastelee tavoitteiltaan 2. ryhmän tavoitteita.

Jäsenvaltioita olisi hyvä osallistaa EU:n metsäpolitiikkaan nykyistä paremmin

EU:n metsästrategioiden painopisteet ovat muuttuneet ajan saatossa, ja viime vuosina metsiin kohdistuvaa EU-tason uutta ja sitovaa sääntelyä on annettu runsaasti. Tutkimuksen tulosten mukaan jäsenvaltiot kuitenkin eroavat toisistaan metsäpolitiisilta tavoitteiltaan. EU:n uusi metsästrategia heijastelee puolestaan paremmin joidenkin jäsenvaltioiden näkemyksiä ja käsitystä metsien käytöstä kuin toisten. EU:n metsiin liittyvien politiikkojen toteutus voi aiheuttaa ristiriitoja, jos kansallisten metsäpolitiikkojen painopisteitä ei oteta huomioon. Tämän vuoksi jäsenvaltioita olisi hyvä osallistaa nykyistä paremmin EU:n metsäpolitiikkaan ja erityisesti sen valmisteluun, jotta paikallisia hyviä ja kestäviä käytäntöjä voitaisiin edistää jäsenvaltiossa. Tämä voisi edistää myös EU-tason metsien käyttöön liittyvien tavoitteiden saavuttamista.

Lisätietoja

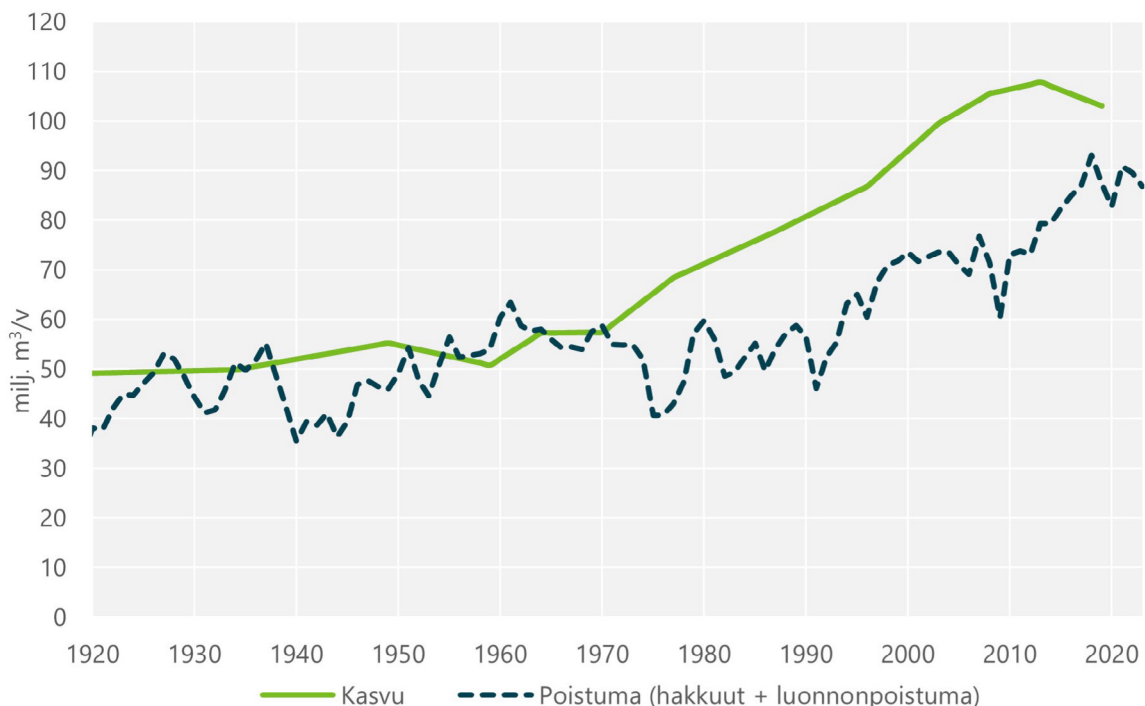
Matleena Kniivilä, erikoistutkija, tutkimuspäällikkö, matleena.kniivila@luke.fi

3. Suomen metsien kasvutrendit ja kasvunvaihtelu

Uusimman valtakunnan metsien inventoinnin (VMI13, 2019–2023) tulosten perusteella puuston vuotuisen kasvun arvioidaan pienentyneen 103 miljoonaan kuutiometriin verrattuna aiempaan inventointiin (VMI12 2014–2018), jossa kasvu oli 107,8 miljoonaa kuutiometriä). Kyseessä on ensimmäinen alenema 1960-luvun lopulla alkaneesta nousevasta kasvutrendistä (Kuva 2).

Poistuma on pitkään ollut pienempi kuin kasvu, mistä johtuen puuston tilavuus ja hiilivarasto ovat kasvaneet. Viimeaikaisesta notkahduksesta huolimatta kasvu on edelleen poistumaa suurempi, eli puuston määrä lisääntyy (Kuva 2). Vuosittain hakattava puumäärä on vaihdellut talouden suhdanteiden myötä. Matalaa tasoa edustavat vuoden 1973 öljykriisin jälkeiset vuodet sekä 1990-luvun lama. Erityisen korkeita hakkuumäärät olivat 2010-luvun loppuvuosina, sekä 2020-luvulla. Ennakkotiedot kertovat vuoden 2023 puuston kokonaispoistuman olleen 82,3 miljoonaa kuutiometriä.

Kasvun aleneminen on männyn ja lehtipuiden kasvun alentumista, kun taas kuusen kasvu on lisääntynyt. Koska Suomen puustosta lähes puolet on mäntyä, männyn kasvun muutokset vaikuttavat voimakkaasti puuston kokonaiskasvuun. Männyn kasvun notkahdukseen liittyy kaksi tekijää: mäntymetsien ikärakenteen muutos ja männyn vuotuisen kasvutason notkahdus.



Kuva 2. Puuston vuotuinen kasvu ja poistuma Suomessa VMI-tulosten perusteella. Lähde: Luke, VMI13

Puiden kasvun (ilmastollista) vuotuista vaihtelua tutkitaan ja havainnollistetaan lustonleveysindeksillä. VMI:n raportoima lustonleveysindeksi tarkoittaa puun läpimitan kasvun tasoa suhteessa 30 vuoden keskimääräiseen tasoon, kun kasvusta on poistettu puun iän, puun koon ja metsien tiheyden vaikutus. Keskimääräistä kasvua merkitään indeksillä 100, jolloin kasvuolo-

suhteiltaan keskimääräistä suotuisampien vuosien indeksi saa yli sadan ja vastaavasti epäsuotuisampien vuosien indeksi alle sadan suuruisia arvoja.

Etelä-Suomessa lustonleveysindeksi oli VMI12:n kasvunmittausjaksolla kuusella peräti 13 % korkeammalla kuin 30 vuoden keskimääräinen taso ja männylläkin 4 % keskitasoa korkeammalla (Kuva 3). Viimeksi raportoidulla VMI13:n kasvunmittausjaksolla männyn lustonleveysindeksi on laskenut Etelä-Suomessa 7 % ja Pohjois-Suomessa 11 % alle pitkän ajan keskiarvon. Myös Ruotsissa ja Norjassa on havaittu puuston kasvun alentuneen viime vuosina (Breidenbach ym. 2024; Laudon ym. 2024). Kuusen lustonleveysindeksit ovat puolestaan olleet Etelä-Suomessa 10 % ja Pohjois-Suomessa 3 % pitkän ajan keskiarvojen yläpuolella.

Puiden vuotuiseen kasvunvaihteluun vaikuttavat sääolosuhteet (kasvukauden pituus, lämpötila, sademäärä), puiden kukinta ja siementuotanto, sekä mahdolliset tuhot. Lisäksi hakkuutavoissa tapahtuneet muutokset ovat voineet vaikuttaa kasvuntasoon, vaikka lustonleveysindeksien laadinnassa tämä vaikutus pyritäänkin poistamaan hylkäämällä koealat, joilla on tehty hakkuu edeltävän viiden vuoden aikana. VMI:n pysyviltä koealoilta on analysoitu, että harvennushakkuut ovat voimistuneet koko 2000-luvun ajan. Harvennushakkuu aiheuttaa hetkellisen puuston kasvun aleneman, mutta kasvu elpyy muutamassa vuodessa latvusten kehittyessä.

Voimakkaan harvennuksen jälkeen erityisesti männyllä kasvun elpyminen on hitaampaa kuin lievän harvennuksen jälkeen. Siksi jopa yli viisi vuotta vanhat voimakkaat tai yläharvennuksen luonteisesti tehdyt harvennukset kivennäismailla voivat näkyä lustonleveysindeksin alenemana. Puuston keskiläpimitta uudistushakkuissa 2000-luvulla on hieman laskenut. Hakkuutapojen muutos puolestaan voi olla osittain tuhoista johtuvaa: erityisesti Itä- ja Pohjois-Suomessa on ollut runsaasti lumituhoja, joiden jälkiä on korjattu sekä poistamalla yksittäisiä tuhopuita että uudistamalla koko metsikkö.

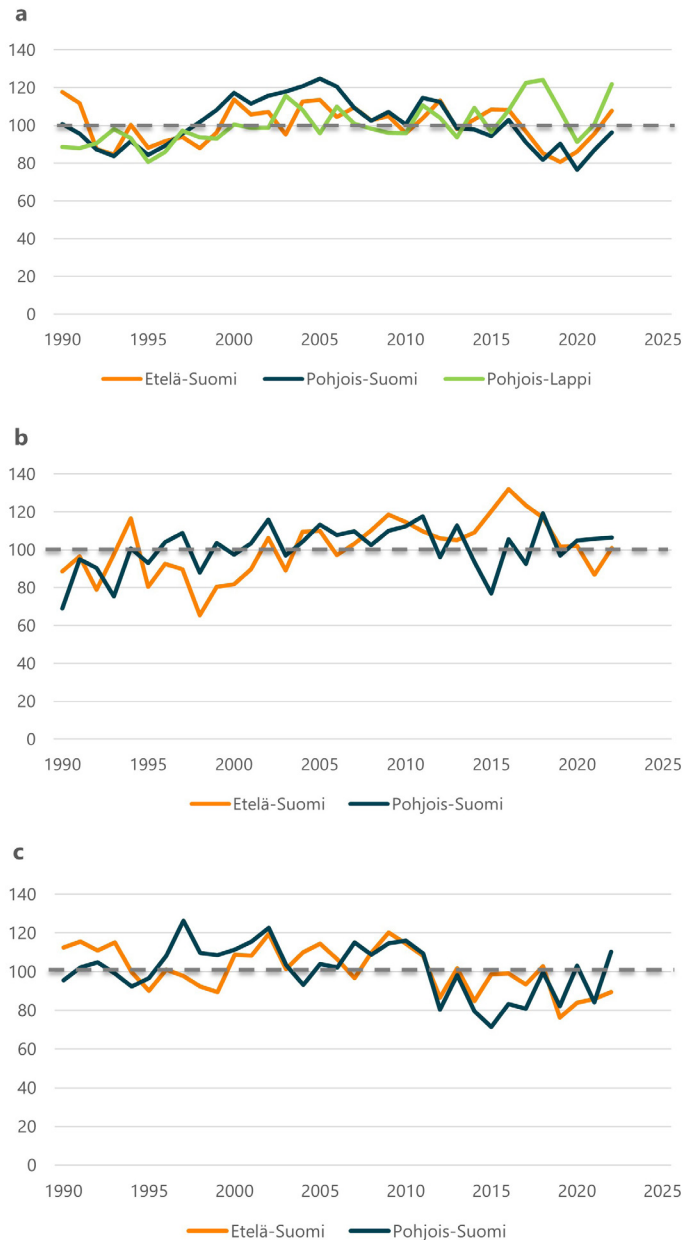
Suomessa kasvukauden lämpötilat ovat merkittävin puiden vuotuista kasvuntasoa säätelevä tekijä etenkin pohjoisessa, missä metsien kasvu on hitaampaa viileän ilmaston ja lyhyen kasvukauden takia. Tutkimusten mukaan muuttuvat ympäristöolot ovat lisänneet Suomen metsien kasvua kivennäismailla viimeisten vuosikymmenten aikana (Henttonen ym. 2017). Ympäristöoloista aiheutuva kasvunlisäys on ollut Pohjois-Suomessa suhteellisesti suurempaa kuin Etelä-Suomessa. Kasvu on noussut yhtä aikaa kasvukauden pidentymisen ja lämpösumman lisääntymisen kanssa, varsinkin 1990-luvun puolivälin jälkeen. Lämpenemisen vaikutukset kasvuun näkyvät selvästi 2000-luvulla, joka on ollut tavallista lämpimämpi. Uusimpien tulosten mukaan ympäristöoloista johtuva kasvunlisäys on kuitenkin viime vuosina hiipunut ja kasvu on palautunut lähelle pitkän ajan keskiarvoa (Henttonen ym. 2024).

Kasvun hidastumiseen lyhyehköllä jaksolla ei välttämättä liity mitään yllättävää. Kyse voi olla säätekijöiden aiheuttamasta vuosittaisesta vaihtelusta ja toistuvammista epäsuotuisista kasvukausista, joiden kumulatiivinen vaikutus näkyy kasvun hidastumisena. Kuitenkin viime vuosina, jolloin mänty kasvoi heikosti, kasvukauden lämpötilat ovat olleet tarkastelujakson keskitasoa tai jopa sen yli. Jos viileät kesät selittäisivät kasvun aleneman, todennäköisesti myös kuuset olisivat kasvaneet heikosti.

Sademäärien ja lustonleveysindeksien vertailut Suomessa ovat paljastaneet vain heikkoja tilastollisia riippuvuuksia. Kesän sademäärät tosin olivat hyvin alhaisia vuosina 2018, 2019 ja 2021. Männyn kasvu heikkeni juuri tuolloin, joten kuivuudella on saattanut olla vaikutusta ilmiöön. Kuivuuteen liittyvä kasvunalenema on yleensä suurinta karuilla, huonosti vettä pidättävillä kasvupaikoilla kasvavissa varttuneissa metsissä. Näissä mänty on tyypillinen pääpuulaji. VMI11

ja -12 kasvunmittausjaksoille puolestaan osuu vesitalouden näkökulmasta poikkeuksellisen suotuisia vuosia, sillä vuosien 2003–2017 välisenä aikana ei kuivuutta esiintynyt muulloin kuin vuonna 2006.

Muuttuvassa ympäristössä sään vaihtelut näkyvät vuosikasvuissa, mutta kasvua säätelevät ympäristötekijät voivat olla muita kuin kasvukauden lämpötilat. Todennäköisesti männyn lustonleveysindeksien alenema ei johdu yhdestä yksittäisestä syystä, vaan on seurausta useammasta tekijästä. Ilmeisesti eri kasvua rajoittavien tekijöiden suhteellinen merkitys lisäksi vaihtelee vuodesta toiseen.



Kuva 3. Männyn (a), kuusen (b) ja koivun (c) lustonleveysindeksit 1990–2023 Etelä- ja Pohjois-Suomessa. Lustonleveysindeksi tarkoittaa puun läpimitan kasvun tasoa suhteessa 30 vuoden keskimääräiseen tasoon, kun kasvusta on poistettu puun iän, koon ja metsien tiheyden vaikutus. Keskimääräistä kasvua merkitään indeksillä 100, jolloin kasvuolosuhteiltaan keskimääräistä suotuisampien vuosien indeksi saa yli sadan ja vastaavasti epäsuotuisampien vuosien indeksi alle sadan suuruisia arvoja. Lähde: Luke, VMI13.

Viitteet

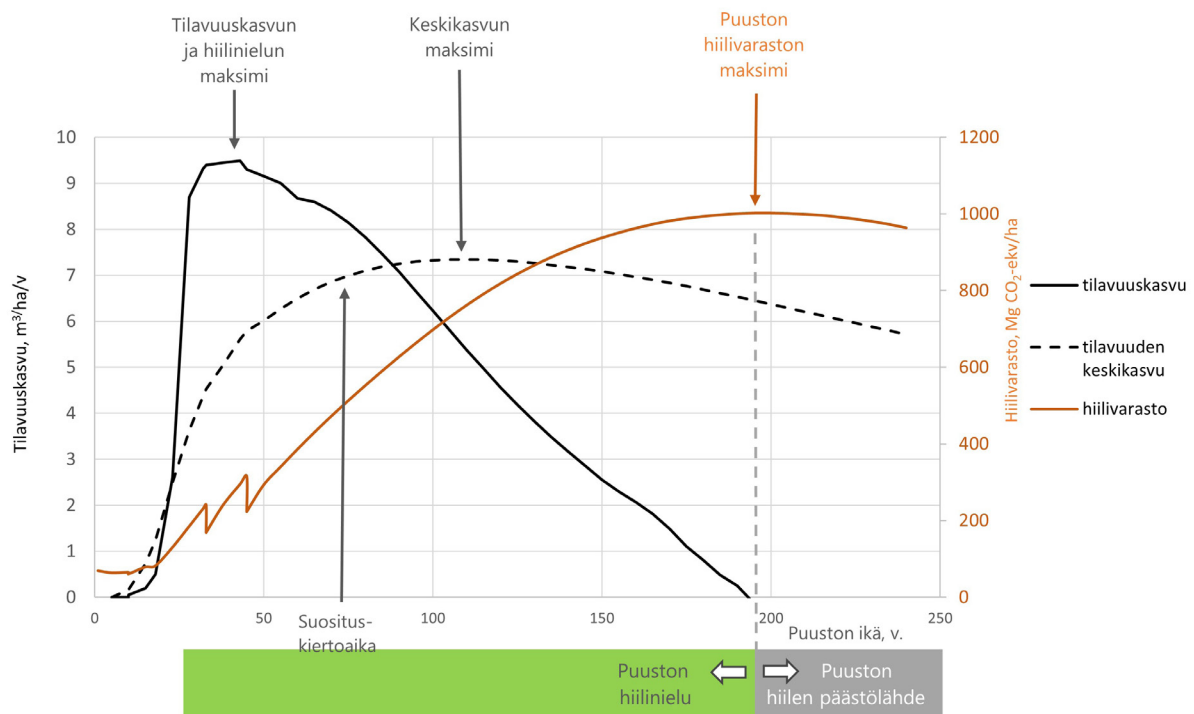
- Breidenbach, J., Snoksrud, O. M., Sjøgaard, G., Granhus A., Svensson, A., Eriksen R. & Astrup R. 2024. Store endringer i utviklingstrenden for norsk granskog. Verkkosivu. <https://nibio.no/tema/skog/skog-og-miljoinformasjon-fra-landsskogtakseringen/store-endringer-i-utviklingstrenden-for-norsk-granskog?locationfilter=true>
- Henttonen, H.M., Nöjd, P. & Mäkinen, H. 2017. Environment-induced growth changes in the Finnish forests during 1971 – 2010 – An analysis based on National Forest Inventory. *Forest Ecology and Management* 386: 22–36. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.11.044>
- Henttonen, H.M., Nöjd, P. & Mäkinen, H. 2024. Environment-induced growth changes in forests of Finland revisited – a follow-up using an extended data set from the 1960s to the 2020s. *Forest Ecology and Management* 551: 121515. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.121515>
- Laudon, H., Mensah, A.A., Fridman, J., Näsholm, T. & Jämtegård, S. 2024. Swedish forest growth decline: A consequence of climate warming? *Forest Ecology and Management* 565: 122052. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2024.122052>

4. Metsien käsittelyn keinot kasvun lisäämiseksi

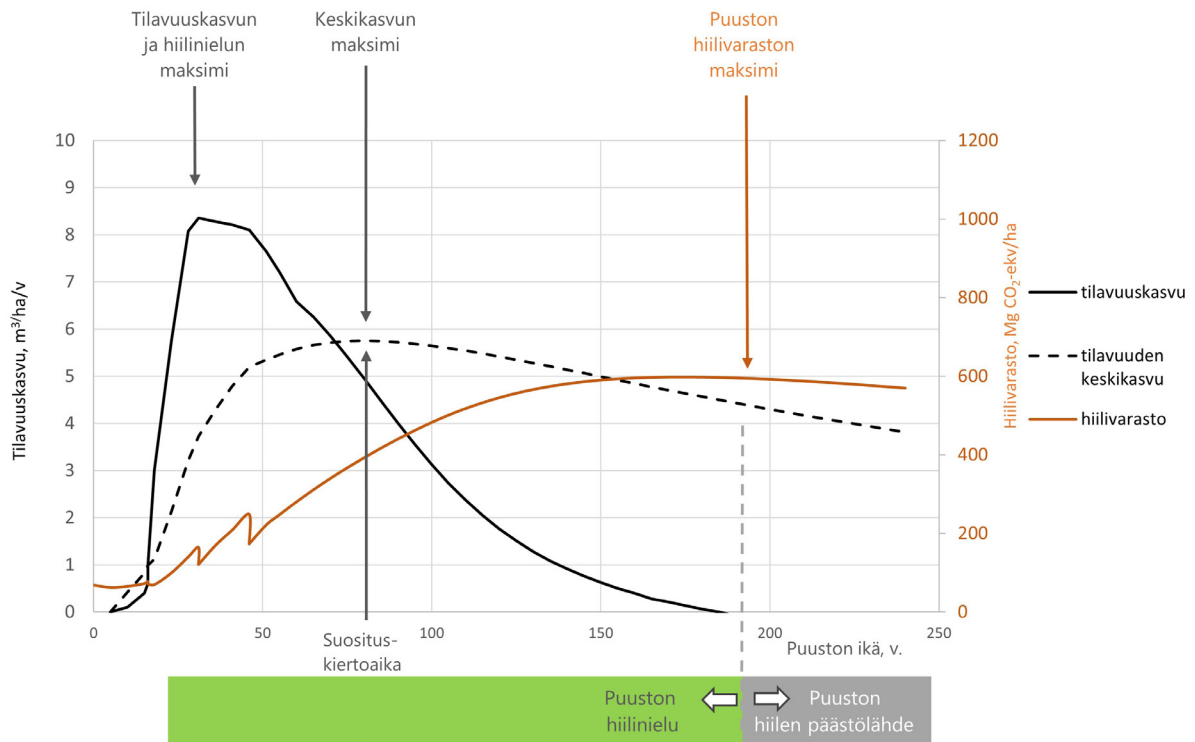
4.1. Puuston kasvun ja hiilensidonnän iänmukainen kehitys hoidetussa puutuotannon metsässä

Tasaikäisenä kasvatettavassa metsikössä puuston kasvu noudattaa selkeää iänmukaista kehitystä (Kuvat 4 ja 5). Metsän uudistamisen jälkeen taimikon hehtaarikohtaisen biomassan, runkotilavuuden ja hiilensidonnän kasvu on aluksi hidasta, mutta puuston koon kasvaessa metsikön yhteyttävä latvusmassa ja runkotilavuus lisääntyvät nopeasti. Metsikön kasvu on nopeinta nuorena kasvatusmetsässä puuston ollessa noin ensiharvennusvaiheessa. Sen jälkeen kasvu alkaa vähitellen hidastua säilyen kuitenkin korkealla tasolla vielä metsikön saavutettua suositusten mukaisen uudistuskypsyyden.

Puuston kasvun taso, ja sen iänmukainen kehitys riippuvat puulajista ja kasvuolosuhteista. Talousmetsissä ihminen vaikuttaa metsikön kasvuun säätelämällä puiden välistä kilpailua harvennusten avulla ja kasvupaikan puuntuotoskykyä, esimerkiksi maanmuokkauksen, lannoitusten ja turvemailla ojien kunnostusten avulla.



Kuva 4. Puuston vuotuisen tilavuuskasvun, kiertoajan keskikasvun ja hiilivaraston (puusto, karike, kuollut puu) iänmukainen kehitys tasaikäisessä eteläsuomalaisessa tuoreen kankaan kuusikossa. Harvennukset näkyvät hiilivaraston hetkellisenä vähenemisenä. Kehityssennuste on tuotettu Luken Motti-ohjelmistolla.



Kuva 5. Puuston vuotuisen tilavuuskasvun, kiertoajan keskikasvun ja hiilivaraston (puusto, karike, kuollut puu) iänmukainen kehitys tasaikäisessä eteläsuomalaisessa kuivahkon kankaan männikössä. Harvennukset näkyvät hiilivaraston hetkellisenä vähenemisenä. Kehitysenuste on tuotettu Luken Motti-ohjelmistolla.

Puustoon kertyvän ja siellä säilyvän hiilivaraston määrään vaikuttavat varastoa lisäävä puuston kasvu ja varastoa vähentävät hakkuut, luonnonpoistuma ja mahdolliset puiden kuolleisuutta lisäävät ja kasvua vähentävät biottiset ja abiottiset tuhot (Kuvat 4 ja 5). Metsän uudistamisen jälkeen metsikössä on runsaasti edellisen puusukupolven hiilivarastoa jäljellä kannoissa ja juuristoissa, sekä hakkuutähteissä. Tuo varasto kuitenkin vähenee lahoamisen myötä, kun osa hiilestä vapautuu ilmakehään. Taimikon kasvaessa hiilivarasto lisääntyy ja taimikon hiilensidonta on 10–20 vuoden kuluttua uudistamisesta suurempi kuin kannoista, juurista ja hakkuutähteestä vapautuva hiilimäärä.

Toistettuihin maaperämittauksiin perustuvassa tutkimuksessa maaperän hiilivarasto pieneni noin 30 vuotta avohakkuun jälkeen, ja palautuminen alkuperäiselle varaston tasolle tapahtui männiköissä noin 50 vuoden aikana, kuusikoissa maaperän hiilivaraston palautumista ei havaittu 50 vuoden aikana (Johannesson et al. 2024). Maaperän hiilivaraston pieneminen vähentää puuston hiilinieluaikutusta noin 10 prosentilla uudistamista seuraavan 50 vuoden aikana. Nuoruvaiheen jälkeen metsikön hiilivarasto kasvaa, vaikka vuotuinen kasvu hidastuu puuston ikääntyessä. Terveissä ja hoidetuissa kuusikoissa ja männiköissä hiilivarasto voi kasvaa vielä vuosikymmeniä uudistuskypsyden saavuttamisen jälkeenkin. Ruotsin Uumajassa tehdyn yksityiskohtaisen tutkimuksen mukaan boreaalisen metsän optimaalinen kiertoaika oli 138 vuotta kun huomioitiin hiilenkierto ja kaikki eri varastot, maaperä mukaan lukien (Peichl ym. 2022).

Viitteet

- Johannesson, C-F, Ilvesniemi, H., Kjønaas, O. J., Larsen, K.S., Lehtonen, A., Nordén, J., Paré, D., Silvennoinen, H.M., Stendahl, J., Stupak, I., Vesterdal, L., Dalsgaard, L. 2024. Decadal decline in forest floor soil organic carbon after clear-cutting in Nordic and Canadian forests. Lähetetty käsikirjoitus.
- Peichl, M., Martínez-García, E., Fransson, J.E.S., Wallerman, J., Laudon, H., Lundmark, T., Nilsson, M. B. 2023. Landscape-variability of the carbon balance across managed boreal forests. *Global Change Biology* 29: 1119–1132. <https://doi.org/10.1111/gcb.16534>

4.2. Uudistaminen ja varhaishoito

Uudistaminen

Metsän uudistamisessa keskeisimmät kasvuun vaikuttavat asiat ovat riipeä uudistaminen, kohteelle soveltuvat menetelmät sekä kasvupaikalle soveltuvat puulajit. Näillä keinoin voidaan osaltaan varmistaa metsien hyvä kasvu ja kehitys koko kiertoajalla.

Uudistaminen tulisi tehdä päätehakkuun jälkeen seuraavana kasvukautena. Päätehakkuun jälkeen nopeasti rehevöityvä pintakasvillisuus ja luontaisen lehtipuuston voimakas kilpailu heikentävät taimien kehitystä. Hakkuutähteiden kuivatus uudistamisalalla ja korjuu energia-puuksi johtaa usein vähintään yhden kasvukauden viiveeseen uudistamisessa.

Kohteelle soveltuvalla maanmuokkaus- ja uudistamismenetelmällä, oikein valitulla puulajilla sekä huolellisilla ja oikea-aikaisilla toimenpiteillä päästään hyvään uudistamistulokseen, mikä turvaa kasvupaikan puuntuotoskyvyn ja puuston hiilensidonnin koko kiertoajalla. Muuttuva ilmasto lisää ääreviä sääolosuhteita ja siten talvi- ja kuivuustuhoja taimikoissa (Tietoukema: *Kuivuus ja talvituhot heikentävät taimikoiden kasvua*). Tuhoriskin pienentämiseksi tarvitaan entistä tarkempaa ja monipuolisempaa tietoa uudistamisalan ominaisuuksista kuten maalaajista, topografiasta ja kosteusolosuhteista uudistamisen suunnittelun tueksi.

Uudistushakkuussa metsikön hiilivarasto pienenee, kun puuston hiilivarastosta suurin osa poistuu metsästä. Uudistushakkuun jälkeen metsä on joitakin vuosia hiilen lähde, kunnes uuteen puustoon sitoutuva hiili kompensoi lisääntyneet maaperäpäästöt hajoavista hakkuutähteistä ja pintakasvillisuudesta. Empiirisiä tutkimustuloksia metsän uudistamis- ja varhaisvaiheen vaikutuksista hiilitaseeseen on vähän. Maanmuokkauksen vaikutukset maaperän hiilivarastoon ja kasvihuonekaasupäästöihin ovat pienet kivennäismailla, mutta turvemailla vaikutukset riipuvat turvekerroksen paksuudesta ja kuivatustilanteesta. Pitkän aikavälin tarkasteluissa on havaittu, että maanmuokkaus lisää metsien hiilensidontaa, sillä se parantaa taimien kasvuedellytyksiä ja kasvua enemmän kuin lisää maaperän hiilipäästöjä.

Kuivuus ja talvituhot heikentävät taimikoiden kasvua

Jaana Luoranen ja Jari Miina

Ilmastonmuutoksen seurauksena lumettomat ja lämpötiloiltaan vaihtelevat talvet ja kuivat kesät yleistyvät. Nykyistä äärevämmissä olosuhteissa vastaistutetut taimet ovat herkkiä talvi- ja kuivuustuhoille.

Talvi- ja kuivuustuhoja on aiemmin tutkittu vastaistutetuissa kuusen taimikoissa heti tuhon jälkeen. Kolme vuotta myöhemmin inventoitiin uudelleen samoja tuhokohteita. Tutkimuksessa selvitettiin, mikä oli istutuskuusten ja täydentävien luontaisten taimien tiheys, kuinka kuusen taimet olivat toipuneet tuhoista, ja miten tuhot olivat vaikuttaneet taimien laatuun ja kasvuun.

Kuinka tutkimus toteutettiin:

Osa 1: Männyn, kuusen ja koivun taimia altistettiin 7 vuorokaudeksi +5 tai +7 °C:een ja sen jälkeen 7 vuorokaudeksi -7 °C:een Suomenjoella ja määritettiin, kuinka taimien pakkaskestävyys muuttui eri vaiheessa talvea.

Osa 2: Inventoitiin kolme kasvukautta tuhon jälkeen.

- 37 kuusentaimikkoa Väli-Suomessa; talvituho talvella 2019–2020.
- 41 kuusentaimikkoa etelärannikolta Kainuuseen; kuivuustuho kesällä 2021.

Taimikoista määritettiin istutuskuusten määrä, pituuskasvu ja kunto sekä luontaisten kasvuskelpoisten taimien määrä.

Kuusten toipumista tuhoista tarkasteltiin maastossa määritettyjen ja avoimista digitaalisista aineistoista poimittujen topografia- ja sääntunnusten suhteen.

Tuhot heikentävät kasvua vuosiksi

Kuivuus- ja talvituhoista kärsivien kuusten osuus taimikossa (tuhoste) korreloi kolmen vuoden kuluttua tuhosta mitatun taimikon keskipituuden kanssa: mitä enemmän tuhoja, sitä lyhyempi oli istutuskuusten



Kuivuustuho aiheuttaa monilatvaisuutta.
Kuva: Juhani Salonen

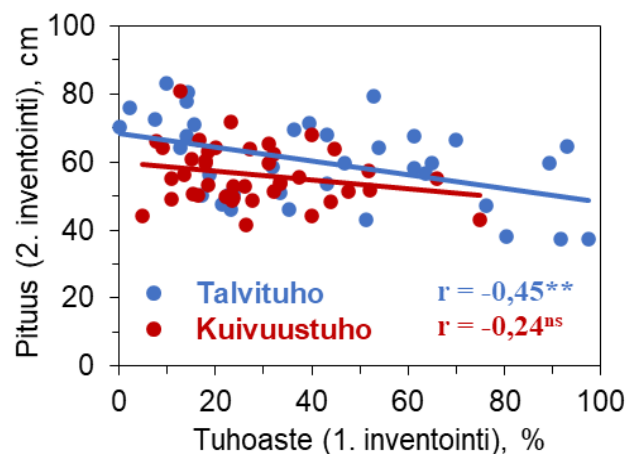
keskipituus. Keskimäärin kuivuustuhotaimet olivat 6 cm ja talvituhotaimet 9 cm lyhyempiä kuin terveet taimet. Pituuskasvun heikkeneminen johtui sekä tuhojen aiheuttamasta neulasmenetyksestä että latvavioista.

Taimet herkkiä kevättalven lämpöaalloille

Yksivuotiaat koivut ja männyt reagoivat voimakkaasti lumettomien talvien nopeaan lämpimien ja pakkasjaksojen vuorotteluun.

- Altistus lämpimälle purki pakkaskestävyyttä, eikä taimilla ollut kykyä karaistua uudelleen
- Koivuntaimilla tuho näkyi latvan kuivumisena

Kuuset kestivät lämpöaltistuksen jälkeenkin keskitalvelle tyypillisiä pakkasasteita; maaliskuusta alkaen niidenkin kyky karaistua uudelleen lämpimän jakson jälkeen heikkeni.



Talvi- ja kuivuustuhot heikentävät taimikon pituuskasvua



Säätekijät, kuten kylmyys, vaihtelevat lämpötilat ja kuivuus voivat vikuuttaa taimia missä vaiheessa vuotta tahansa. Tuhot näkyvät taimikon kehityksessä ja kasvussa useita vuosia.

Alhainen istutustiheys on riski

Ilmastonmuutoksen myötä kasvava abioottisten tuhojen riski ja alhainen istutustiheys on huono yhdistelmä. Inventoiduissa taimikoissa oli kasvatettavia istutuskuusia keskimäärin 1500 tainta/ha.

Mitä vähemmän taimia oli aikanaan istutettu, sitä vähemmän kasvatuskelpoisia istutuskuusia oli 3–4 vuoden kuluttua istutuksesta. Taimikoista 12 %:ssa tiheys jäi alle 1200 istutuskuusta/ha. Kolmasosa talvi- ja puolet kuivuustuhokohteista ylitti onnistuneen istutustuloksen rajan eli 1600 istutuskuusta/ha.

Luontaiset, kasvatuskelpoiset taimet täydensivät taimikoita niin, että talvituhotaimikoissa havupuutaimien osuus oli keskimäärin 85 % (vaihteluväli 51–100 %) ja kuivuustuhotaimikoissa 88 % (56–100 %).

Tuhoista toipuneilla latvanvaihtoja

Istutuskuuset toipuivat abioottisista tuhoista ja jatkoivat kasvuaan paremmin kuin ensimmäisessä inventoinnissa heti tuhon jälkeen ennustettiin.

Toipuneilla taimilla oli kuitenkin paljon latvanvaihtoja. Sekä talvi- että kuivuustuho kuivattavat taimien latvoja. Kuusten kasvu oli kuitenkin jatkunut alemmaa rungosta, jopa aivan maanrajassa olevista jälkisolmuista. Tämä kuitenkin aiheutti taimille latvanvaihtoja ja monilatvaisuutta, mikä alensi taimien laatu- ja pituuskehitystä.

Talvituhoilta inventoiduista istutuskuusista oli yksilatvaisia 65 % ja kuivuustuhokohteilla 73 %. Latvaviat olivat pääasiallinen syy sille, miksi istutuskuusia ei luokiteltu kasvatuskelpoisiksi.

"Tutkimuksemme luo tietopohjaa sopeutumiskykyisille metsänhoitostrategioille."

Talvi- ja kuivuustuhoja voi vähentää

- Vältä kuusen istutusta kuivumisherkille kasvupaikoille ja ahavalle herkkien mäkien päälle.
- Noudata taimien varastointi- ja istutusaikasuosituksia.
- Käytä alkuperältään kasvupaikalle soveltuvaa taimimateriaalia.

Keväällä istutetaan sekä avokennotaimia että pakkasvarastoituja taimia. Juhannukseen saakka kesäkuussa pakkasvarastoitujen taimien istutus on turvallisempi vaihtoehto. Myöhemmin kesällä ja syksyllä on turvallisempaa istuttaa avoimien taimialustojen taimia kuin pahlavilla taimia.

Tuhoilla on käytännön vaikutuksia

- Osa jalostuksella saadusta kasvunlisäyksestä menetetään viljelytaimien korvautuessa luontaisilla taimilla.
- +/- Viljelytaimikot kehittyvät sekametsiksi; puulajisuhteisiin vaikuttavat tuhoaste ja luontaisten taimien syntyminen sekä taimikonhoitovaiheen puulajivalinnat.
- Monipuulajisuus ja viljelytaimien laatuviat vaikeuttavat taimikonhoidon ajoitusta ja jäävien puiden valintaa.

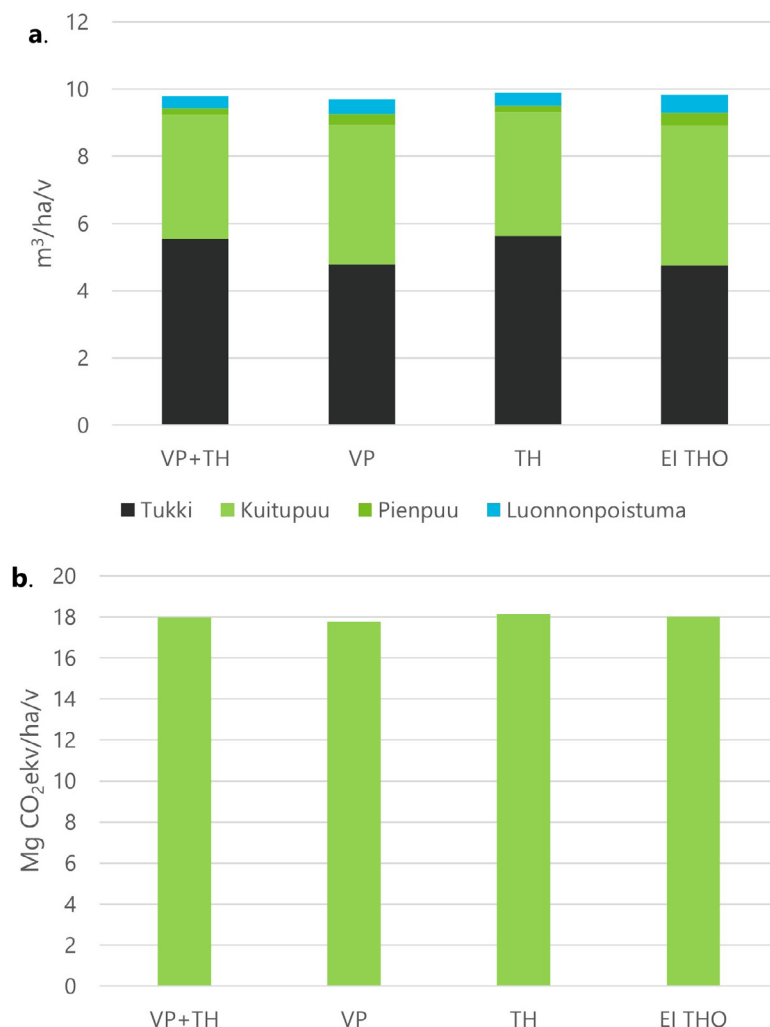
Lisätietoja

Jaana Luoranen, erikoistutkija, jaana.luoranen@luke.fi

Taimikonhoito

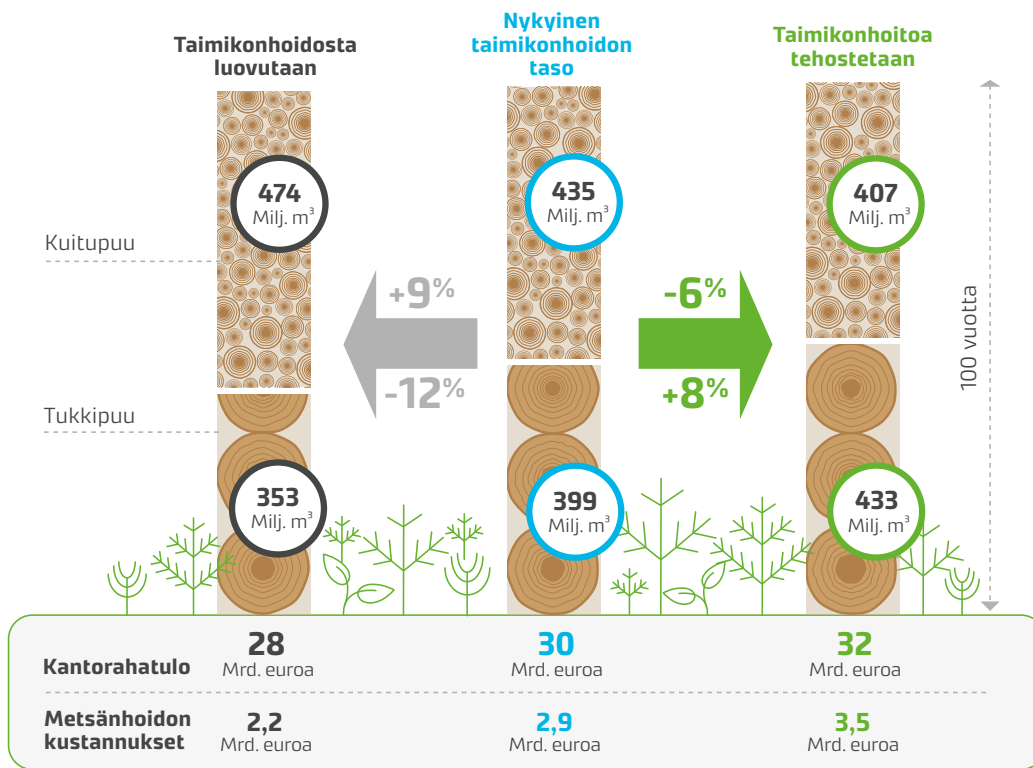
Taimikonhoito lisää hakkuutuloja metsistä ja hiilensidontaa pitkäkestoisiin puutuotteisiin. Taimikonhoitovaiheessa voidaan lisäksi varautua ilmastonmuutokseen sekä edistää metsien monimuotoisuutta. Varhaisperkauksessa ja taimikonharvennuksessa säädellään puuston tiheyttä ja puulajisuhteita. Kasvutilan vapauttaminen nopeuttaa puiden järeytymistä, parantaa niiden laatua ja tukee metsänkasvatuksen kannattavuutta. Puiden nopeampi järeytyminen aikaistaa tukkipuun saantoa ja kasvattaa hakkuukertymän keskijäreyttä erityisesti väliharvennuksissa.

Etelä-Suomen tuoreen kankaan kuusikoissa taimikonhoito ei vähennä puuston keskimääräistä vuotuista hiilensidontaa kiertoajalla (Kuva 6), mutta ei toisaalta lisää metsikön kokonaistuotosta. Tuotoksen vähäiset erot johtuvat eroissa kasvatettavien puulajien puulajisuhteissa, kasvunopeuksissa ja harvennusten ajoituksissa. Sen sijaan taimikonhoito kasvattaa järeän ainespuun tuotosta ja tukkikertymää.



Kuva 6. Taimikonhoitovaihtoehtojen vaikutus kiertoajan keskimääräiseen vuotuisen tuotokseen (m³/ha/v) (a) ja puustoon sitoutuneen hiilen määrään (Mg CO₂ekv/ha/v) (b) tuoreen kankaan kuusikossa Etelä-Suomessa. Taimikonhoitokäsittelyt: EI THO = ei taimikonhoitoa, TH = taimikonharvennus, VP = varhaisperkaus, VP+TH = varhaisperkaus ja taimikonharvennus. Tulokset on laskettu Luonnonvarakeskuksen Motti-ohjelmistolla.

Aluetason tarkastelu osoittaa, että pienten taimikoiden aktiivisella hoidolla voidaan saavuttaa lähes 10 prosenttia suurempi tukkikertymä seuraavan sadan vuoden aikana verrattuna tilanteeseen, jossa taimikonhoito säilyy nykytasolla (ts. taimikonhoitotarpeesta toteutetaan keskimäärin 57 %) (Huuskonen ym. 2020). VMI12:n mukaan tekemättömiä taimikonhoitotöitä oli 770 000 hehtaarilla ja uusimman 13. inventoinnin mukaan 590 000 hehtaarilla (Korhonen ym. 2024). Taimikonhoitotöiden lisäämisellä tukkipuun tuotos kasvaisi sadan vuoden aikana 34 miljoonaa kuutiometriä, samalla kun kuitupuun tuotos vähenisi 28 miljoonaa kuutiometriä nykytasoon verrattuna. Tämä muutos kasvattaisi kantorahatuloja arviolta 2 miljardilla eurolla, ja metsänhoidon kustannukset nousisivat noin 0,6 miljardia euroa (Huuskonen ym. 2020). Tulokset osoittavat, että yhden euron sijoitus taimikonhoitoon tuo pitkällä aikavälillä noin 3 euron lisäyksen kantorahatuloihin (Kuva 7). Taimikonhoito lisäsi viljavilla kasvupaikoilla eniten järeän ainespuun tuotosta ja metsänkasvatuksen kannattavuutta (Haikarainen ym. 2021).



Kuva 7. Taimikonhoidon vaikutus ainespuun tuotokseen ja kantorahatuloihin (Huuskonen ym. 2020).

Viitteet

- Haikarainen, S., Huuskonen, S., Ahtikoski, A., Lehtonen, M., Salminen, H., Siipilehto, J., Korhonen, K.T., Hynynen, J. & Routa, J. 2021. Does Juvenile Stand Management Matter? Regional Scenarios of the Long-Term Effects on Wood Production. *Forests* 12: 84. <https://doi.org/10.3390/f12010084>
- Huuskonen, S., Haikarainen, S., Sauvula-Seppälä, T., Salminen, H., Lehtonen, M., Siipilehto, J., Ahtikoski, A., Korhonen, K.T. & Hynynen, J. 2020. Benefits of juvenile stand management in Finland – impacts on wood production based on scenario analysis. *Forestry* 93: 458–470. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpz075>
- Korhonen K. T., Rätty M., Haakana H., Heikkinen J., Hotanen J.-P., Kuronen M. & Pitkänen J. 2024. Forests of Finland 2019–2023 and their development 1921–2023. *Silva Fennica* 58: 24045. <https://doi.org/10.14214/sf.24045>

4.3. Harvennukset ja kiertoaika

Harvennusten voimakkuus

Puuston hehtaarikohtainen tilavuuskasvu on sitä suurempi mitä suurempi on puuston määrä. Harvennusten avulla ei voida lisätä puuston tilavuuskasvua, mutta niiden avulla puuston kasvu keskitetään arvokkaimpiin puuihin ja nopeutetaan niiden järeytymistä (Kuva 8).



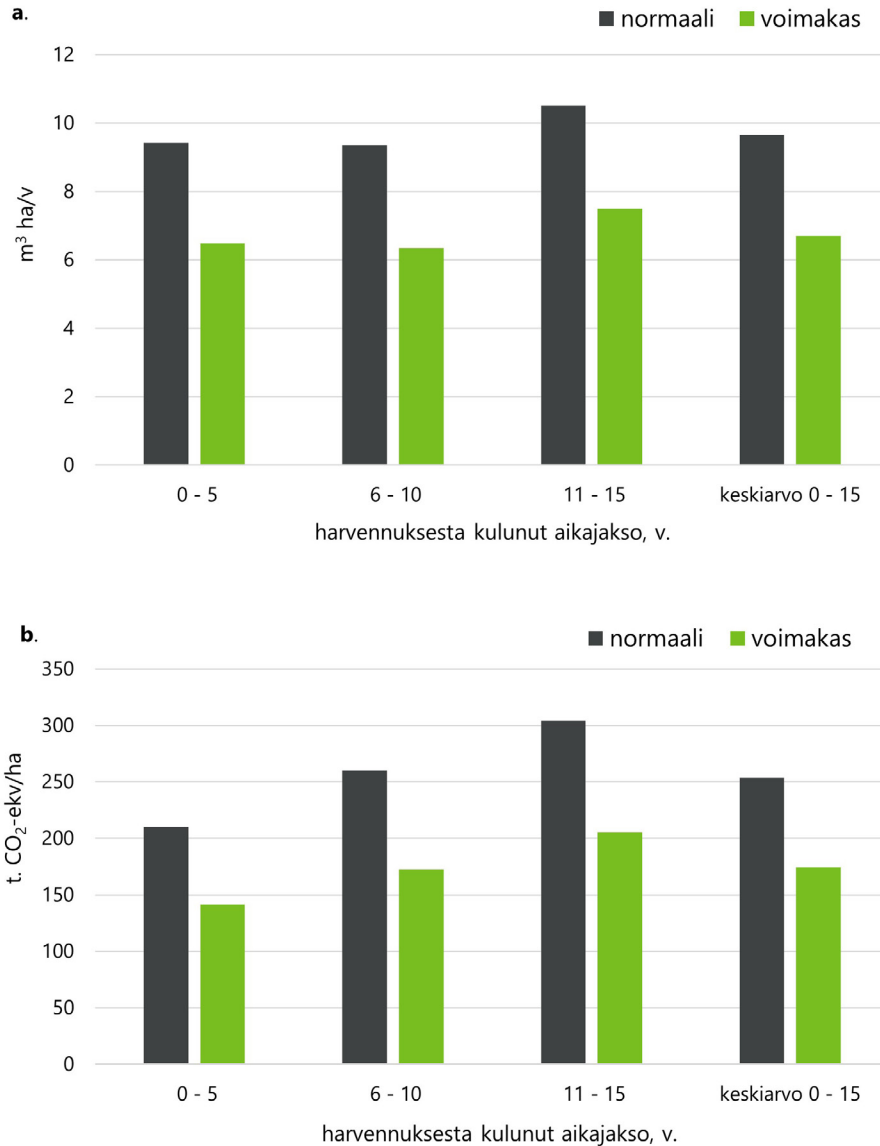
Kuva 8. Harvennusvoimakkuuden lisäämisellä on monia eri vaikutuksia metsien kehitykseen ja metsänkasvatuksen kannattavuuteen. Tietyt piirteet tai tekijät lisääntyvät (+) ja toiset taas vähentyvät (-) harvennusvoimakkuuden mukaan.

Luken pitkäaikaisten harvennuskokeiden tulokset osoittavat, että puuston määrä vaikuttaa puuston tilavuuskasvuun enemmän männiköissä kuin kuusikoissa (Mäkinen ja Isomäki 2004a, 2004b). Voimakkaasti harvennetuissa männiköissä puuston pohja-pinta-ala oli noin 60 %:n tasolla ja kasvu 20–25 % alempi verrattuna harventamattomaan männikköön. Voimakkaasti harvennetuissa kuusikoissa kasvun alenema oli alle 10 %. Nykyisten harvennusmallien suosittelu puuston pohjapinta-ala harvennuksen jälkeen on tasoltaan likimain sama kuin näiden harvennuskokeiden voimakkaissa harvennuksissa.

Männiköissä erittäin voimakas ensiharvennus (puuston runkoluku 400–600 kpl/ha) vähensi vuotuista tilavuuskasvua noin 35 % harvennuksen jälkeisen 10 vuoden aikana verrattuna normaaliin harvennusvoimakkuuteen (runkoluku 1200 kpl/ha) (Mäkinen ym. 2005).

Myöhempien erittäin voimakkaiden harvennusten vaikutuksista raportoivat Bianchi ym. (2024) metsikkökokeilla, joissa puusto oli keskimäärin 43-vuotiasta ja valtapituus 17 metriä. Normaalissa harvennusvoimakkuudessa puuston pohjapinta-ala harvennuksen jälkeen oli 18 m²/ha ja voimakkaan harvennuksen jälkeen 9 m²/ha, joka on alle metsälain salliman alarajan. Voimakas

harvennus vähensi puuston tilavuuskasvua ja hiilivarastoa keskimäärin 33 % harvennuksen jälkeisen 15 vuoden aikana (Kuva 9). Vaikka hiilivaraston määrä lisääntyi puuston varttuessa, niin käsittelyjen suhteelliset erot säilyivät koko 15 vuoden mittausjakson.



Kuva 9. Voimakkaan harvennuksen vaikutus puuston tilavuuskasvuun (a) ja hiilivaraston kehitykseen (b) männiköiden kestokokeilla (Bianchi ym. 2024).

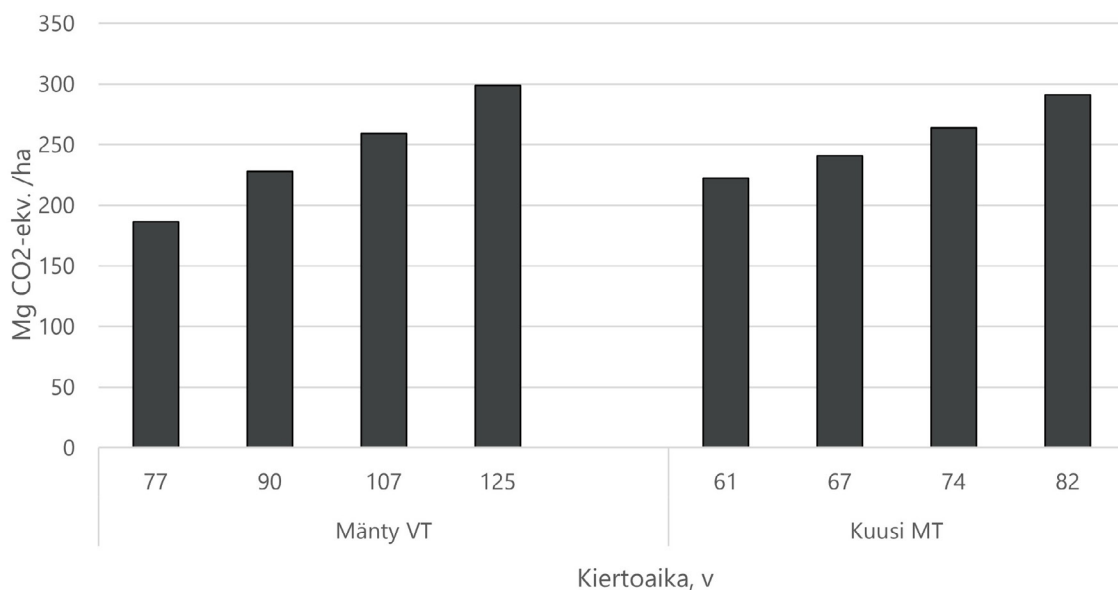
Metsänhoitosuosituksen uudistettujen harvennusmallien joukkoon sisältyy harvennusmallit, joissa puuston kasvatustiheyttä on nostettu viivästyttämällä hoidettujen männiköiden ja kuusiköiden harvennusten ajankohtaa. Koska puuston kasvattaminen tiheämpänä hidastaa yksittäisten puiden järeytymistä, näitä harvennusmalleja kutsutaan pidennetyin kiertoajan malleiksi. Niiden mukainen kasvatus lisää ainespuun keskituotosta männiköissä kasvupaikasta riippuen 4–8 % ja puuston keskimääräistä hiilivarastoa 10–20 % perusmalleihin verrattuna. Kuusikoissa kasvatustiheyden nostamisen vaikutus on selvästi pienempi kuin männiköissä lisäyksen ollessa muutaman prosentin luokkaa keskituotokseen ja hiilivarastoon.

Kiertoajan pidentäminen

Kiertoajalla tarkoitetaan aikaa, joka kuluu tasaikäisen metsikön uudistamisesta päätehakkuuseen. Päätehakkuiden ajoittamisen kriteeri puuntuotannon metsissä on puuston järeys, jonka mittarina käytetään puuston keskiläpimittaa. Sen vuoksi kiertoajan pituus vuosina ja puuston uudistamisikä riippuvat puuston kasvunopeudesta.

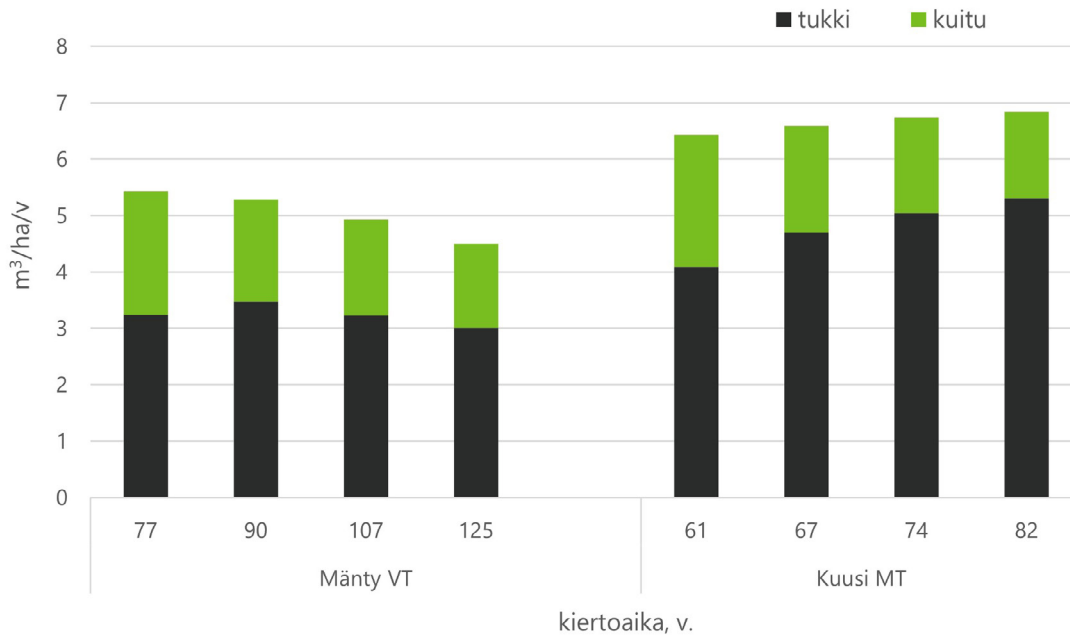
Nykyisissä kiertoaikasuosituksissa painotetaan puuntuotannon kannattavuutta. Niissä korostuu hyvälaatuisen ainespuun kasvatuksen ohella hakkuutulojen ja metsänhoitokustannusten määrä ja ajoittuminen. Kiertoaikasuositusten laadinnassa usein sovellettu 2–4 % korkovaatimus nettotulojen nykyarvon laskennassa merkitsee sitä, että suositusten mukaiset kiertoajat eivät ole optimaalisia kasvatettavan ainespuun määrän, puuston kasvun ja hiilensidonnan kannalta (Kuvat 4 ja 5). Varsinkin kuusikoissa metsänhoitosuosituksen mukainen kiertoaika on huomattavasti lyhyempi kuin ainespuun tuotantoa maksimoiva kiertoaika.

Viime vuosina on tutkittu kiertoajan maltillista pidentämistä keinona sovittaa yhteen metsien ilmastokestävyyttä ja puuntuotantoa. Hoidetuissa männiköissä ja kuusikoissa kiertoajan maltillinen pidentäminen lisää puuston hiilensidontaa. Hiilivaraston kasvunopeus riippuu puulajista ja kasvupaikan puuntuotoskyvystä (Kuva 10).



Kuva 10. Puuston keskimääräinen hiilivarasto eri kiertoajoilla tyypillisessä eteläsuomalaisessa männikössä ja kuusikossa. Laskelmat on tehty Luken Motti-ohjelmistolla.

Kiertoajan jatkamisen vaikutus kiertoajan keskimääräiseen puuston kasvuun on erilainen männiköissä ja kuusikoissa (Kuva 11) (Hynynen ym. 2024). Männiköissä kiertoaikasuositusten ja puuston keskikasvun maksimijankohdan ero on tyypillisesti pienempi kuin kuusikoissa (Kuvat 4 ja 5). Ainespuun keskituotos ei männiköissä yleensä lisäännä kiertoaikaa pidennettäessä ja kiertoajan pidentäminen alentaa männiköissä myös kiertoajan nettotulojen nykyarvoa, jos korkovaatimus on yli yhden prosentin. Terveissä kuusikoissa suosituksia pidempien kiertoaikojen keskituotos, ja erityisesti tukkipuun tuotos kasvaa vielä 10–15 vuoden pidennyksen ajan. Kuusikoissa myös nettotulojen nykyarvo kasvaa, jos korkovaatimus on 3 prosenttia tai alempi.



Kuva 11. Kiertoajan pidentämisen vaikutus puuston keskituotokseen tyypillisessä eteläsuomalaisessa männikössä ja kuusikossa. Laskelmat on tehty Luken Motti-ohjelmistolla.

Kiertoaikojen ja kasvatustiheyksien nostamisen vaikutukset metsävaroihin

Pidennetyin kiertoajan mahdollisuudet ja menetelmät metsien hiilensidonnassa (PIKMA) -hankkeessa tuotettiin koko maan kattava skenaariotarkastelu, jossa tarkasteltiin kiertoajan pidentämisen ja kasvatustiheyden lisäämisen vaikutuksia puuston kehitykseen, puuntuotokseen ja hiilensidontaan 40 vuoden tarkastelujakson aikana (Hynynen ym. 2024) Skenaarioiden lähtöaineistona käytettiin VMI13:n (2019–2023) maastokoealoja.

Perusskenaariossa (Nykykäytäntö) metsiä hoidetaan pääsääntöisesti nykyisten metsänhoitosuosituksen mukaisesti, mutta metsänhoitotoimet toteutetaan tilastoitujen toteutuspinnojen puitteissa.

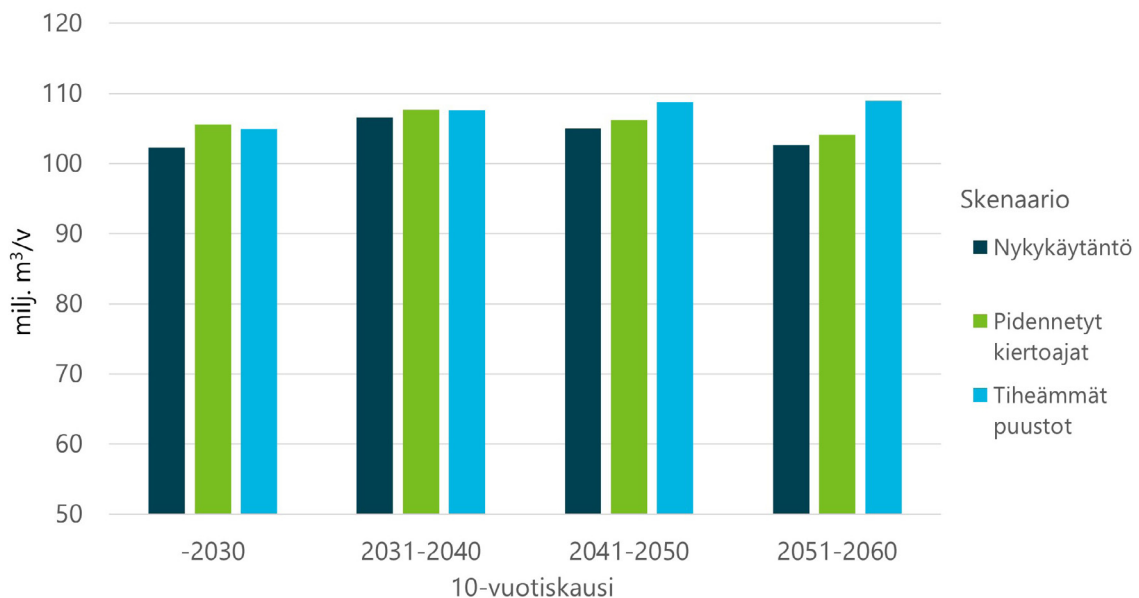
Pidennetyin kiertoajan skenaariossa (Pidennetyt kiertoajat) metsänkäsittelyn periaatteet ovat samat kuin perusskenaariossa, mutta kiertoaikoja pidennetään nostamalla päätehakkuuläpimittoja keskimäärin 2–4 cm, mikä vastaa 10–15 vuoden kiertoajan pidennystä. Sen sijaan harvennusten lukumäärää ja voimakkuus ovat samat kuin perusskenaariossa.

Korkean puustopääoman ja pidennetyin kiertoajan skenaariossa (Tiheämmät puustot) metsänkäsittelyn periaatteet ovat samat kuin perusskenaariossa. Siinä sovelletaan uusia pidennetyin kiertoajan harvennuskalleja, joissa puusto kasvatetaan tiheämpänä. Kiertoaikaa pidennetään samalla tavoin kuin pidennetyin kiertoajan skenaariossa.

Kaikissa skenaarioissa hakkuukertymät oletettiin säilyvän koko jakson ajan vuosien 2019–2023 keskimääräisellä tasolla (72,8 milj.m³/v). Puuntuotannon metsiä hoidetaan pääsääntöisesti nykyisten metsänhoitosuosituksen mukaisesti, mutta metsänhoitotoimet toteutetaan tilastoitujen toteutuspinnojen puitteissa. Nykyiset suojelun piirissä olevat metsät säilyvät suojeltuna, ja sen lisäksi METSO- ja Helmi-ohjelmien tavoitteiden mukaista suojelupinta-alaa

tulee lisää yhteensä 90 000 ha. Puuntuotannon metsissä noudatetaan v. 2023 alussa voimaan tulleiden PEFC ja FSC-sertifiointien mukaisia luonnonhoitotoimia.

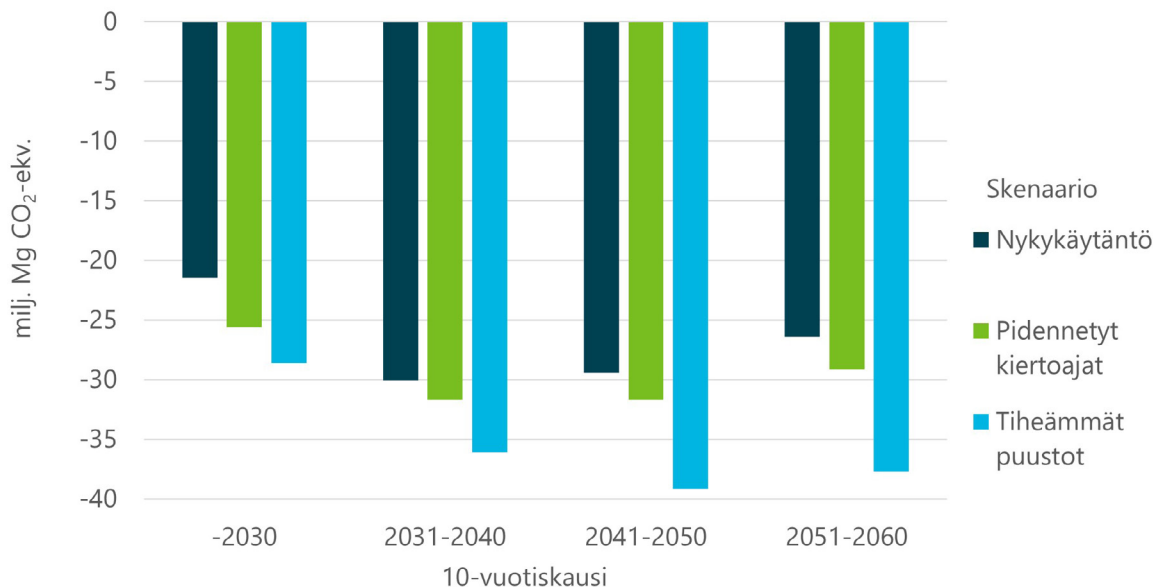
Kiertoaikojen maltillinen pidentäminen ja puuston kasvatustiheyden nosto kasvattavaa puuston runkotilavuutta ja biomassaa, sekä lisää puuston kasvua. Kaikissa skenaarioissa puuston kasvu pysyttelee melko lähellä kasvun nykytasoa vaihdellen 102–109 miljoonan kuutiometrin välillä (Kuva 12). Pelkkä kiertoaikojen pidentäminen (Pidennetyt kiertoajat) lisää metsien vuotuista kasvua 1–3 miljoonaa kuutiometriä Nykykäytäntö-skenaarioon verrattuna, ja kasvueron on suurimmillaan jakson alussa. Kasvu lisääntyy edelleen, jos kiertoaikojen pidentämisen ohella myös kasvatustiheyttä hieman nostetaan (Tiheämmät puustot), jolloin vuotuinen kasvu on 1–6 miljoonaa kuutiometriä suurempi kuin Nykykäytäntö-skenaariossa kasvueron lisääntyessä tarkastelukauden loppua kohti.



Kuva 12. Koko maan puuston vuotuinen tilavuuskasvu 10-vuotiskausittain 40 vuoden skenaario-jaksolla. Laskelmat on tehty Luken Motti-ohjelmistolla.

Skenaariolaskelmien mukaan pidennetyt kiertoajat vähentävät uudistushakkuiden pinta-aloja 50 000 hehtaarilla (25 %) lähimmän 10 vuoden aikana ja vastaavasti harvennushakkuiden pinta-alat lisääntyvät 110 000 hehtaarilla (21 %). Metsien kasvattaminen tiheämpänä puolestaan vähentää vuotuisia harvennushakkuupinta-aloja tuntuvasti koko tarkastelukauden ajan, keskimäärin 300 000 ha (29 %). Samalla kuitenkin hehtaariohtaiset hakkuukertymät kasvavat niin, että sama kertymätavoite voidaan saavuttaa nykyistä pienemmillä hakkuupinta-aloilla. Uudistushakkuissa kertymälisäys on suurin 49 m³/ha (22 %) verrattuna Nykykäytäntö-skenaarioon.

Puuston vuotuiset kasvut säilyvät kokonaispoistumia suurempina koko tarkastelujakson ajan, ja puuston hiilinielu kasvaa kaikissa skenaarioissa koko 40 vuoden jakson aikana (Kuva 13) Pelkkä kiertoajan pidentäminen lisää nielua keskimäärin 10 % (2,4 milj. Mg CO₂-ekv. /v). Tiheämpi kasvatus ja kiertoajan pidentäminen lisäävät nielua keskimäärin 30 % Nykykäytäntö-skenaarioon verrattuna.



Kuva 13. Puuston keskimääräinen hiilinielu 10-vuotiskausittain 40 vuoden skenaariojaksolla. Laskelmat on tehty Luken Motti-ohjelmistolla.

Hoidetuissa ja terveissä puuntuotannon metsissä puuston kasvattaminen hieman nykyistä järeämmäksi ja hieman tiheämpänä vaikuttaa tehokkaalta keinolta yhteensovittaa puuntuotantoa ja metsien hiilensidontaa. Hakkuumäärien säilyessä nykytasolla näillä muutoksilla metsien hiilivarastoja voidaan merkittävästi lisätä ja puuston hiilinieluja vahvistaa jo lähitulevaisuudessa. Pidemmällä aikavälillä maltillinen kiertoaikojen pidentäminen ja kasvatustiheyden nostaminen tulisivat lisäämään ainespuun tuotosta, jos toimenpiteet kohdennetaan elinvoimaisiin ja hoidettuihin puuntuotannon metsiin.

Viitteet

- Bianchi, S., Huuskonen, S., Hynynen, J., & Niemistö, P. 2024. Comparing Wood Production and Carbon Sequestration after Extreme Thinnings in Boreal Scots Pine Stands. *Forest Ecology and Management* 553: 121641. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.121641>
- Hynynen, J., Haikarainen, S., Huuskonen, S., Lehtonen, M., Repola, J., Salminen, H. & Siipilehto, J. 2024. Pidennetyt kiertoajan vaikutukset metsien hiilensidontaan ja puuntuotantoon. Webinaarialustus. PIKMA-hankkeen loppuwebinaari 10.10.2024. https://tapio.fi/wp-content/uploads/2024/11/Hynynen_PIKMA_loppuwebinaari_FIN.pdf. Tapio. Viitattu 25.11.2024
- Mäkinen, H. & Isomäki, A., 2004a. Thinning intensity and growth of Scots pine stands in Finland. *Forest Ecology and Management*. 201: 311–325. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.07.016>
- Mäkinen, H. & Isomäki, A., 2004b. Thinning intensity and growth of Norway spruce stands in Finland. *Forestry* 77: 349–364. <https://doi.org/10.1093/forestry/77.4.349>
- Mäkinen, H., Hynynen, J. & Isomäki, A., 2005. Intensive management of Scots pine stands in southern Finland: First empirical results and simulated further development. *Forest Ecology and Management* 215: 37–50. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.03.069>

4.4. Jalostetun viljelymateriaalin käyttö

Jalostuksen vaikutus puuston kasvuun

Metsänviljelyaineiston parantamiseen tähtäävä metsänjalostus (Luonnonvarakeskus 2023) alkoi Suomessa, kuten monessa muussakin maassa, viime sotien jälkeen. Jalostuksen lähtöaineisto koottiin valitsemalla luontaisesti uudistuneista metsistä parhaita yksilöitä niin sanotuiksi pluspuiksi. Tuhansia pluspuita vartettiin 1960–1970 -lukujen vaihteessa ensimmäisen sukupolven siemenviljelyksille. Nämä viljelykset ovat tuottaneet näihin päiviin asti pääosan metsänuudistamisessa käytetystä jalostetusta siemenestä. Nykyisin erityisesti männyn taimitarhakylvöt perustuvat jo pääosin jälkeläistestautulosten perusteella muodostettuihin, geneettisesti entistä korkealaatuisimpiin ns. 1,5-polven siemenviljelyksiin, joita on perustettu vuodesta 1997 alkaen.

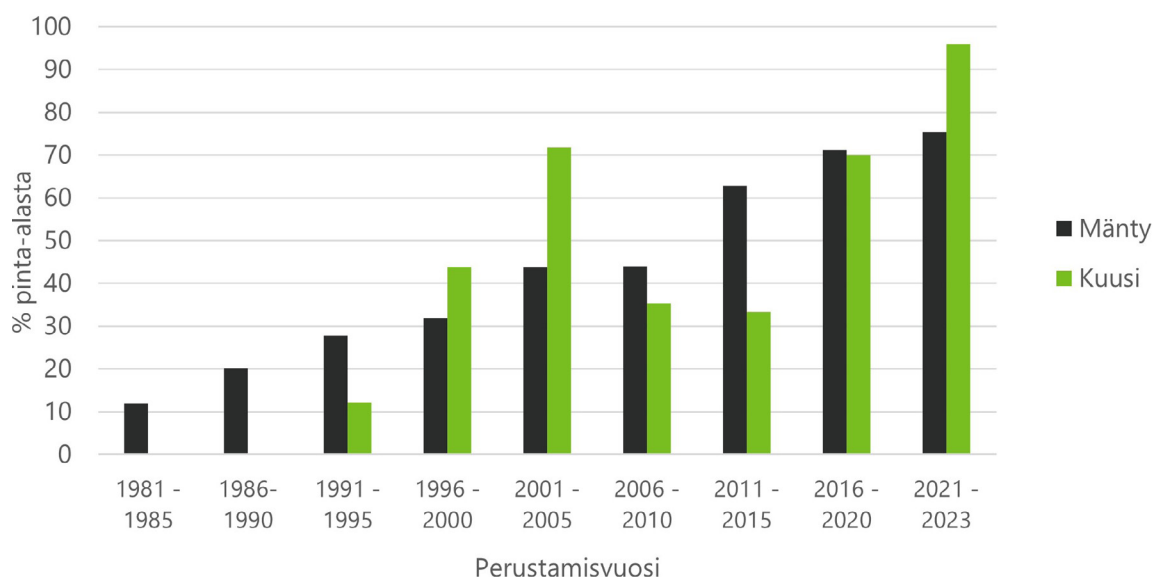
Tutkimustulokset osoittavat jalostettujen mäntyjen ja kuusten kasvavan selvästi jalostamattomia nopeammin. Ensimmäisen sukupolven siemenviljelyssiemenellä uudistettujen puiden läpimitan ja pituuden kasvunlisäys on 6–9 % ja uudemman 1,5-polven siemenviljelyssiemenistä kasvaneilla puilla 12–14 % (Taulukko 1). Mallipohjaisten kehitysennusteiden mukaan jalostetulla siemenellä uudistettujen männiköiden puuston tilavuuden keskikasvu kiertoajan aikana on 10–27 % jalostamattomia männiköitä suurempi riippuen jalostetun siemenen alkuperästä (Haapanen ym. 2016). Vastaavasti nopeamman kasvun ansiosta jalostetut männiköt saavuttavat uudistushakkuujäreyden noin 5–15 vuotta jalostamattomia aikaisemmin (Haapanen ym. 2016).

Taulukko 1. Pitkäaikaisilta kestokokeilta mitattujen jalostettujen mäntyjen ja kuusten läpimitan ja pituuden suhteelliset kasvunlisäykset verrattuna jalostamattomien puiden kasvuun (Haapanen ym. 2016, Haapanen 2020).

	Mänty	Kuusi
1-sukupolven siemenviljelyssiemen		
Läpimitan kasvun %-lisäys	6	9
Pituuskasvun %-lisäys	8	8
1,5-sukupolven siemenviljelyssiemen		
Läpimitan kasvun %-lisäys	13	14
Pituuskasvun %-lisäys	12	13

Jalostetun viljelymateriaalin käyttö ja sen vaikutukset metsien kasvuun

Metsänjalostuksen (Luonnonvarakeskus 2023) tulokset siirtyvät käytäntöön metsänviljelyssä, jota Suomessa tehdään vuosittain noin sadallatuhannella hehtaarilla. Jalostetun metsänviljelymateriaalin käyttö männyn viljelyssä alkoi yleistyä 1980-luvulla ja kuusen viljelyssä noin 10 vuotta myöhemmin (Kuva 14). Jalostettujen siementen ja taimien käyttö on nykyään vakiintunut osaksi metsätalouttamme. Kymmenestä viljelytaimesta jo yli yhdeksän on jalostettuja, ja metsäkylvötkin tehdään valtaosin siemenviljelyssiemenellä.



Kuva 14. Jalostetulla siemen- ja taimimateriaalilla viljeltyjen uudistusalojen pinta-alaosuudet männyn ja kuusen uudistamisesta.

Jalostetulla siemenellä uudistettavien metsien viljelypinta-alat ylittivät 50 % osuuden uudistettavien metsien kokonaispinta-alasta vasta 2000-luvun puolella. Sen vuoksi suurin osa jalostetulla materiaalilla perustetuista taimikoista ovat vielä varsin nuoria. Jalostettujen männiköiden keski-ikä on tällä hetkellä noin 18 vuotta ja kuusikoiden 12 vuotta.

Nopeammasta kasvukyvyystään huolimatta kestää kuitenkin vielä vuosia ennen kuin jalostetut nuoret metsät saavuttavat nopeimman kasvun vaiheen (Kuvat 4 ja 5). Luonnonvarakeskuksessa tehtyjen skenaariolaskelmien mukaan jalostettujen viljelymetsien aikaansaama kasvunlisäys alkaa merkittävästi vaikuttaa puuntuotannon metsien kokonaiskasvuun 2030-luvulta alkaen, jolloin vuotuinen lisäkasvu ylittää yhden miljoonan kuutiometrin rajan. Vaikutus lisääntyy sen jälkeen voimakkaasti saavuttaen viiden miljoonan kuutiometrin kasvunlisäyksen 2050-luvulla. Laskelmissa on oletettu, että jalostetun materiaalin käyttö tulee säilymään tulevaisuudessa nykyisellä tasolla.

Jalostetun viljelymateriaalin käytöstä seuraava metsien arvioitu lisäkasvu on toteutuessaan hyvin merkittävä. Se on yksittäisistä metsänhoidon menetelmistä tehokkain keino puuston kasvun lisäämiseen ja metsien hiilinielujen vahvistamiseen.

Viitteet

Haapanen, M., Hynynen, J., Ruotsalainen, S., Siipilehto, J. & Kilpeläinen, M-L. 2016. Realised and projected gains in growth, quality and simulated yield of genetically improved Scots pine in southern Finland. *European Journal of Forest Research* 135: 997–1009. <https://doi.org/10.1007/s10342-016-0989-0>

Haapanen, M. 2020. Performance of genetically improved Norway spruce in one-third rotation-aged progeny trials in southern Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 35: 221-226. <https://doi.org/10.1080/02827581.2020.1776763>

Luonnonvarakeskus. 2023. Metsänjalostus. Verkkosivu. Viitattu 25.11.2024 <https://www.luke.fi/fi/luonnonvaratieto/tiedetta-ja-tietoa/metsanjalostus>

4.5. Metsänlannoitus

Lannoituksen tavoitteet

Metsänlannoituksissa maahan lisätään ravinteita, joiden puute rajoittaa puuston kasvua. Kivennäismailla männiköissä ja kuusikoissa lisättävä ravinne on tavallisesti typpi ja ravinteikkaimpien kasvupaikkojen kuusikoissa myös fosfori. Turvemaidella yleisimmin lisättävät ravinteet ovat fosfori ja kalium, ja yleisin lannoite on tuhka.

Lannoitus lisää puiden runkotilavuuden ja biomassan kasvua erityisesti nuorissa kasvatusmetissä, joissa sekä kasvu että ravinteiden tarve on suurimmillaan. Hiilensidonnan ja biomassan tuotoksen kannalta lannoitus tuottaa tuolloin parhaan tuloksen. Taloudellisesti kannattavinta on lannoittaa varttuneempia kasvatusmetsiä, joissa voidaan nopeuttaa puiden arvokasvua, eli runkojen järeytymistä kuitupuista tukkipuiksi (Ilvesniemi ym. 2023).

Kivennäismaiden lannoitukset

Lannoitus lisää kivennäismailla havupuiden tilavuuskasvua keskimäärin noin 1,5 kuutiometriä hehtaaria kohti vuodessa ja lannoituksen vaikutus kestää noin 10 vuotta, kuusikoissa hieman kauemmin kuin männiköissä. Suurimmillaan kasvunlisäys on 3–5 vuoden kuluttua lannoituksesta. Kun ravinteita on enemmän saatavilla, juurten kasvu nopeutuu ja latvusten yhteyttävä neulaspinta-ala lisääntyy. Lannoitus lisää eniten rungon läpimitan kasvua. Pituuskasvukin lisääntyy, mutta vähemmän.

Paras tulos lannoituksella saadaan männiköissä kuivahkoilla kankailla ja kuusikoissa tuoreilla kankailla. Pohjois-Suomessa lannoituksen aikaansaama puuston tilavuuskasvun lisäys on noin kolmanneksen pienempi kuin Etelä-Suomessa (Ilvesniemi ym. 2023).

Kivennäismaan metsikköä lannoitetaan kiertoajan kuluessa yleensä vain kerran. Kivennäismaiden lannoituksissa käytetään yleisesti kaupallisia nitraatti- tai ammoniumtyyppiä sisältäviä lannoitteita. Tyypillinen lisättävä typpimäärä on 150–180 kg/ha. Myös boorilannoitusta käytetään, kun maaperässä on puiden kannalta liian vähän booria. Boorilannoitus lisää lähinnä puiden pituuskasvua ja alkaa vaikuttaa siihen 2–4 vuoden kuluttua lannoituksesta. Boorilannoituksen vaikutusaika on typpilannoitusta pitempi (Hynönen 2004, Rikala 2004, Saarsalmi ym. 2014, Kilpeläinen ym. 2013).

Turvemaiden lannoitukset

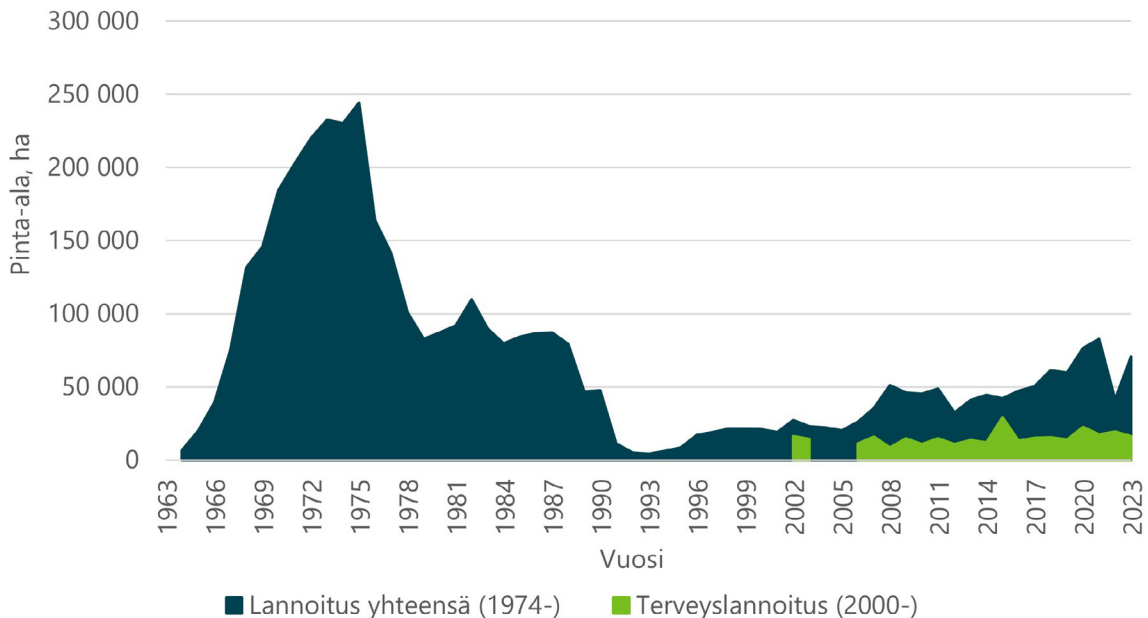
Suometsissä tyyppiä on maassa yleensä riittävästi. Sen sijaan fosforista (P) ja kaliumista (K) on usein puutetta, ja myös boorin puute saattaa rajoittaa kasvua. PK- ja tuhkalannoituksilla on pitkä vaikutusaika, lannoitteesta riippuen 20–40 vuotta (Moilanen ym. 2004, Sikström ym. 2010, Hökkä ym. 2012). Kasvun tason muutosta voidaankin verrata kasvupaikan tuotoskyvyn paranemiseen (Hökkä ym. 2012). Lannoitus alkaa vaikuttaa hitaammin kuin kivennäismailla ja lisäkasvu on suurimmillaan 10–20 vuoden kuluttua lannoituksesta. Lannoitus lisää kasvua sekä Etelä- että Pohjois-Suomessa, mutta kasvunlisäys on pienempi pohjoisessa.

Tuhkalannoitus saa aikaan suurimman ja pitkäkestoisen kasvunlisäyksen runsastyypisissä mustikkaturvekangas (Mtkg II) ja puolukkaturvekangas (Ptkg II) -männiköissä (1,4–4,0 m³/ha/v), ja lisäys kestää 30–40 vuotta. Lisättävä tuhkamäärä on 3–5 tonnia hehtaarilla riippuen tuhkan ravinnepitoisuudesta. PK-lannoitteella saatava kasvunlisäys on hieman pienempi (1,3–2,0 m³/ha/v). Tuhka lisää kasvua myös niukkaravinteisimmilla varputurvekankailla (1,4–2,4 m³/ha/v).

Lannoituspinta-alat ja lannoituksen vaikutus Suomen metsien kasvuun

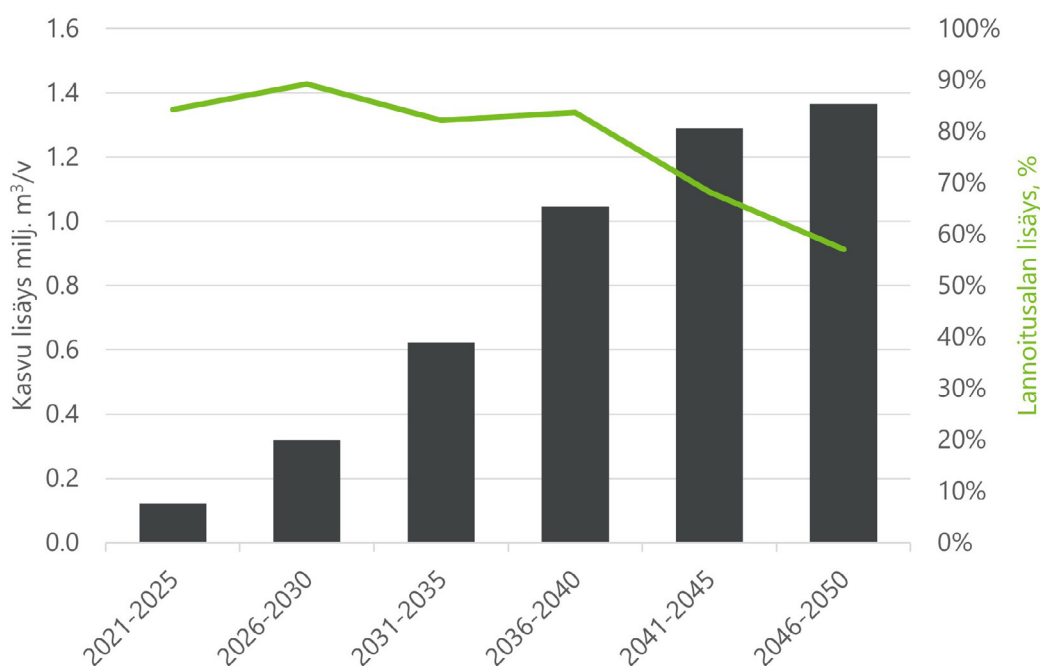
Metsien lannoituksen huippuvuodet ajoittuvat 1970-luvulle, jolloin lannoituspinta-alat olivat 200 000–250 000 hehtaaria (Kuva 15). Sen jälkeen pinta-alat alkoivat pienentyä, ja 1990-luvun alussa lannoitus loppui lähes kokonaan. Lannoitukset ovat vähitellen taas lisääntyneet ja viimeisen kymmenen vuoden ajan vuotuiset lannoituspinta-alat ovat olleet keskimäärin noin 58 000 hehtaaria.

Metsänlannoitusten potentiaalinen pinta-ala on moninkertainen nykyisiin verrattuna. Teoriassa mahdollisilla lannoituskohteilla tarkoitetaan metsiä, joissa lannoitus voi kasvupaikan ja pääpuulajin perusteella joissakin puuston kehitysvaiheissa tulla kyseeseen. Näiden metsien pinta-ala on noin 60 % puuntuotannon piirissä olevan metsämaan kokonaispinta-alasta. Jos potentiaaliset kohteet lannoitettaisiin kerran puuston kiertoajan aikana, vuosittainen lannoituspinta-ala olisi noin 140 000 hehtaaria, josta 100 000 hehtaaria kivennäismailla ja 40 000 ha turvemailla. Vastaava tulos lannoituspinta-alojen osalta on saatu myös Luonnonvarakeskuksen toisessa skenaariotarkastelussa, jossa metsien kasvua pyrittiin lisäämään metsänlannoitusten avulla.



Kuva 15. Metsänlannoitus- ja terveyslannoituspinta-alat Suomessa 1960-luvulta alkaen (Suomen virallinen tilasto).

Lannoitusten vaikutusta Suomen metsien kasvuun arvioitiin Metsäkeskuksen, Luken ja Metsätehon Vastuullisella metsälannoituksella ilmastohyötyjä (VaMeLa) -hankkeessa (Salminen ym. 2023). Skenaariotarkasteluissa lannoituspinta-aloja kasvatettiin 70 prosentilla nykytasosta, mikä johti yli miljoonan kuution vuotuiseseen lisäkasvuun (Kuva 16). Skenaarioiden mukaan lannoituksia lisäämällä on mahdollista kasvattaa hakkuumääriä, puustopääomaa tai molempia. Hakkuiden lisääminen tuottaa parhaan taloustuloksen, puuston määrän kasvattaminen johtaa puolestaan suurempaan hiilivarastoon ja pienempiin ympäristövaikutuksiin. Jos lannoitusten avulla nostetaan ojitettujen turvemaiden puuston määrää ja kykyä haihduttaa niin, että kunnostusojituksia voidaan vähentää, on sillä myös vesistöjen kiintoainekuormitusta pienentävä vaikutus.



Kuva 16. Lannoitusten aikaansaama lisäkasvu Suomen metsissä 50 vuoden tarkastelujaksolla, jos lannoituspinta-aloja lisätään 70 prosentilla 95 000 hehtaariin (Salminen ym. 2023).

Viitteet

- Hynönen, T. 2004. Booripitoiset lannoitteet ja nuoren kuusikon toipuminen häiriöstä. *Metsätutkimuslaitoksen tiedonantoja* 934: 58–61. <http://urn.fi/URN:ISBN:951-40-1944-X>
- Hökkä H., Repola J. & Moilanen M. 2012. Modelling volume growth response of young Scots pine (*Pinus sylvestris*) stands to N, P, and K fertilization in drained peatland sites in Finland. *Canadian Journal of Forest Research* 42: 1359–1370. <https://doi.org/10.1139/x2012-086>
- Ilvesniemi, H., Lehto, T., Smolander, A., Salminen, H. & Kukkola, M. 2023. Puuston kasvuvasteet kivennäismailla. Julkaisussa: Lehto, T. & Ilvesniemi, H. (toim.) 2023. *Metsänlannoitus nyt ja tulevaisuudessa: Synteesiraportti*. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 56/2023. Luonnonvarakeskus. Helsinki. s. 71–75. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-714-3>

- Kilpeläinen, J., Räisänen, M., Mehtätalo, L., Sutinen, S., Rummukainen, A., Repo, T. & Lehto, T. 2013. The longevity of Norway spruce responses to boron fertilisation. *Forest Ecology and Management* 307: 90–100. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.06.054>
- Moilanen M., Silfverberg K., Hökkä H. & Issakainen J. 2004. Comparing effects of wood ash and commercial PK fertiliser on the nutrient status and stand growth of Scots pine on drained mires. *Baltic Forestry* 10: 2–10.
- Rikala R. & Vuorinen M. 2004. Boorilannoitteen syyslevitys kuusikossa. *Metsätutkimuslaitoksen tiedonantoja* 934: 62–63. <http://urn.fi/URN:ISBN:951-40-1944-X>
- Saarsalmi, A., Tamminen, P. & Kukkola, M. 2014. Effects of long-term fertilization on soil properties in Scots pine and Norway spruce stands. *Silva Fennica* 48: 989. <https://doi.org/10.14214/sf.989>
- Salminen, H., Haikarainen, S., Hynynen, J., Karlsson, K. & Lehtonen, M. 2023 Lannoitus ja metsävarojen kehitys. Webinaarialustus. Vastuullisella metsälannoituksella ilmastohyötyjä -loppuwebinaari 21.3.2023. Tapio. Viitattu 25.11.2024. https://tapio.fi/wp-content/uploads/2023/03/Lannoitus-ja-metsavarojen-kehitys_Hannu-Salminen_Luke.pdf
- Sikström, U., Almquist, C. & Jansson, G. 2010. Growth of *Pinus sylvestris* after the application of wood ash or P and K fertilizer to a peatland in southern Sweden. *Silva Fennica* 44: 411–425. <https://doi.org/10.14214/sf.139>

4.6. Jatkovapeitteinen metsänkäsittely

Suomessa käytettävät jatkovapeitteisen metsänkasvatuksen menetelmät ovat poimintahakkuut, suojuspuuhakkuut ja pienaukkohakkuut. Jatkovapeitteinen metsänkasvatus poikkeaa jaksollisesta metsänkasvatuksesta, ja vaikuttaa puiden kasvunopeuteen ja metsikön puuntuotokseen. Empiiristä, pitkäaikaisiin mittaustuloksiin perustuvaa julkaistua tutkimustietoa jatkovapeitteisen kasvatuksen vaikutuksista metsien kasvuun ja tuotokseen on vähän. Tutkimustulokset painottuvat poimintahakkuin käsiteltyjen kivennäismaiden eri-ikäiskuusikoihin Etelä- ja Keski-Suomessa, sekä vastaaviin kuusikoihin Ruotsissa ja Norjassa. Suojuspuu- ja pienaukkohakkuiden vaikutuksista kokeellisia tutkimuksia on aloitettu vasta viime vuosina. Turvemaillaakaan ei vielä ole pitkäaikaisia tutkimustuloksia jatkovapeitteisen metsänkasvatuksen vaikutuksista kasvuun ja tuotokseen.

Niin jaksollisessa kuin jatkovapeitteisessä kasvatuksessa yksittäisen puun kasvuun vaikuttavat maantieteellinen sijainti, kasvupaikan ominaisuudet, puulaji, kehitysvaihe, perimä sekä kilpailu. Jatkovapeitteisessä kasvatuksessa puut ovat yleensä perimältään paikallista alkuperää, sillä metsä uudistuu luontaisesti alueella kasvavien puiden siemenistä. Jaksollisesti kasvatetavassa, viljellen uudistetussa metsikössä kasvua lisää myös jalostetun viljelymateriaalin käyttö.

Puiden välinen kilpailu ja käytettävissä oleva kasvutila määrittelevät, miten paljon puu saa valoa, ravinteita ja vettä käyttöönsä. Poimintahakkuin käsitellyissä kivennäismaiden kuusikoissa yksittäisten puiden kasvunopeus on pienempi kuin tasaikäisissä kuusikoissa johtuen suurempien puiden aiheuttamasta kilpailusta (Bianchi ym. 2020a). Jatkovapeitteisen kasvatuksen poimintahakkuissa poistetaan metsän kookkaimpia puita. Hakkuun jälkeen kasvamaan jätetyistä puista suuri osa on ennen hakkuuta kasvanut isompien puiden varjossa. Poimintahakkuun jälkeen puiden kasvu lisääntyi kilpailun vähetessä hakkuuta seuranneen viiden ja kymmenen vuoden jakson aikana (Bianchi ym. 2020a, Bianchi ym. 2020b). Vaikka poimintahakkuun jälkeen kasvutilaa vapautuu, varjostettuna kasvaneilla puilla kestää vuosia vahvistaa juuristojaan ja kasvattaa latvuksiaan ennen kuin ne voivat hyödyntää suuremman kasvutilan. Sen vuoksi puuston kasvun nopeutuminen poimintahakkuun jälkeen on hitaampaa kuin kasvureaktio harvennuksen jälkeen jaksollisen kasvatuksen metsikössä, jossa jäävät puut ovat jo ennen hakkuuta olleet metsikön elinvoimaisimpia valtapuita.

Puuntuotoksen näkökulmasta yksittäisten puiden kasvun lisäksi on tarkasteltava myös metsikön hehtaariohtaista kasvua, johon sisältyy puuston tiheyden vaikutus (Kuva 17). Yksittäinen puu voi kasvaa nopeasti, mutta jos puuston tiheys on alhainen, jää osa kasvupaikan puuntuotoskyvystä hyödyntämättä. Jatkovapeitteisessä metsänkasvatuksessa tulee huomioida luontaisen uudistumisen edellytykset. Varjostava kookas puusto tulee kasvattaa harvana uudistumisen ja alikasvoksen kehityksen turvaamiseksi.

Kotimaisista puulajeista ainoastaan kuusi sietää varjostusta. Kotimaisten empiiristen ja mallipohjaisten tutkimusten mukaan eri-ikäiskuusikoissa puuston keskituotos metsikkötasolla vaihtelee kasvupaikan ja kasvatettavan puuston määrän mukaan välillä 4–8 m³/ha vuodessa ja jaksollisessa kasvatuksessa 5–9 m³/ha vuodessa (Vuokila ja Väliaho 1980, Lähde ym. 2002, Pukkala ym. 2009, Laiho ym. 2011, Shanin ym. 2016, Pingoud ym. 2018, Hynynen ym. 2019). Jatkovapeitteisen kasvatuksen vaikutuksista puuston kasvuun ei ole pitkän aikavälin (vuosikymmenten) empiirisiä tuloksia, ja vertailut jaksolliseen kasvatukseen perustuvat alle kiertoajan mittaisiin jaksoihin. Laajimmat tarkastelut ovat poimintahakkuin käsitellyistä kuusikoista kivennäismailla. Niidenkin tutkimustulokset perustuvat

melko suppeisiin, koejärjestelyiltään ja seurantajaksoiltaan erilaisiin aineistoihin. Niiden perusteella saadaan kuitenkin kohtuullisen yhtenevä käsitys kivennäismaiden jatkuvapeitteisten kuusikoiden tuotoksesta.

Metsikkötasolla puuston kasvureaktio poiminta- ja harvennushakkuuseen ottaa huomioon yksittäisten puiden lisäksi metsikön tiheyden. Hynynen ym. (2019) tutkimusaineistoina olivat pitkään seuratut käsittelykokeet eri- ja tasaikäisissä kuusikoissa (Eerikäinen ym. 2007, Mäkinen ja Isomäki 2004). Tulosten mukaan puuston hehtaarikohtainen pohjapinta-alan kasvu poimintahakkuun jälkeisellä 5-vuotisjaksolla oli 42 % alempi kuin alaharvennetuissa kuusikoissa, kun sekä hakkuun voimakkuus että jäävän puuston määrä olivat samalla tasolla. Seuraavan kahden 5-vuotiskauden aikana jatkuvapeitteisen kuusikon pohjapinta-alan kasvu lisääntyi, mutta ei saavuttanut tasaikäisen puuston kasvun tasoa hakkuuta seuranneiden 15 vuoden aikana, eron ollessa 8 %. Puuston pohjapinta-alan kasvu oli poimintahakkuun käsitellyissä kuusikoissa noin 20 % alhaisempi kuin tasaikäisissä harvennusvaiheen kuusikoissa 15 vuoden tarkastelujakson aikana. Ero jatkuvapeitteisen ja jaksollisen kasvatuksen puuston kasvureaktiossa oli sitä suurempi mitä voimakkaampana hakkuu oli tehty (Hynynen ym. 2019).

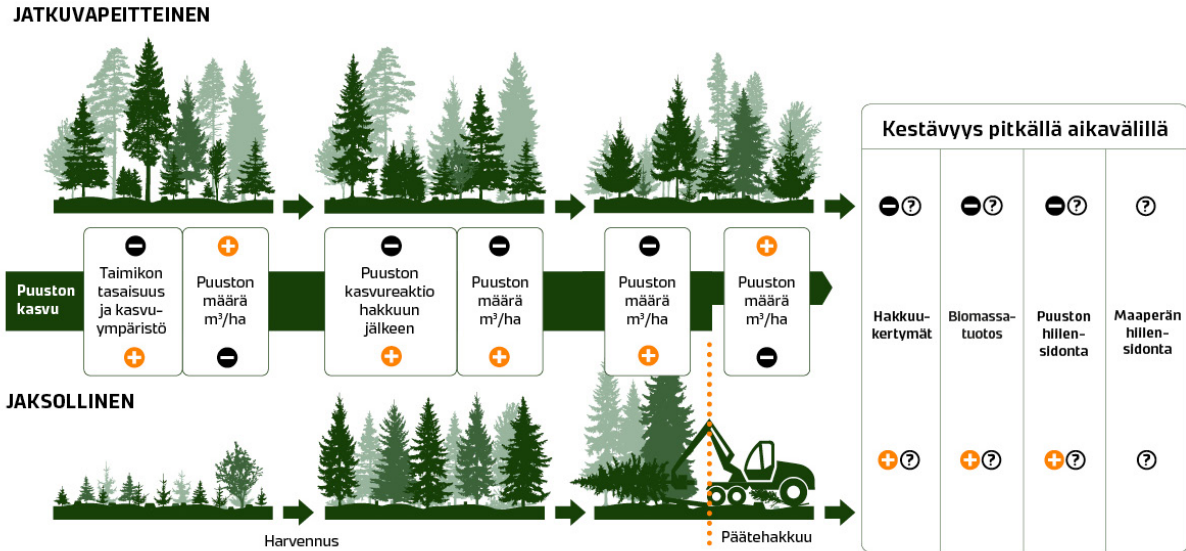
Turvemailla kasvun ja hakkuiden seurauksena tapahtuvat muutokset puustossa vaikuttavat pohjavedenpinnan korkeuteen, joka taas vaikuttaa kasvuun. Alemmalla pohjavedenpinnan korkeudella puuston kasvu lisääntyy (Hökkä ym. 2008). Jos taas pohjaveden pinta on alle 35 cm etäisyydellä maanpinnasta, se hidastaa kasvua. Jatkuvapeitteisen metsän kasvusta turvemailla ei ole empiirisiä tutkimustuloksia pidemmältä aikajaksolta. Tuloksia on vasta ensimmäiseltä viisivuotiskaudelta yhdeltä kokeelta (Lehtonen ym. 2023a), jolla havaittiin poimintahakkuun jälkeen kasvamaan jääneiden, alisteisessa asemassa kasvaneiden kuusien reagoivan 2–4 vuoden viiveellä hakkuuseen. Ensimmäisen viiden vuoden aikana läpimitan kasvu poimintahakkuun jälkeen saavutti ennen hakkuuta olleen tason, mutta ei ylittänyt sitä. Sen sijaan hiilensidonta lisääntyi välittömästi hakkuun jälkeen (Lehtonen ym. 2023a). Simulointitutkimuksen (Juutinen ym. 2021) mukaan pidemmän aikavälin keskimääräinen vuotuinen tilavuuskasvu oli suurempi jatkuvapeitteisessä kuin jaksollisesti kasvatetussa turvemaakuusikossa, kun kasvatettavan puuston pohjapinta-ala oli enintään 10 m²/ha hakkuun jälkeen.

Rehevillä ojitetuilla turvemailla jatkuvapeitteinen metsänkasvatus vaikuttaa hyvältä keinolta hidastaa maaperän hiilivaraston vähenemistä ja vesistövaikutuksia (Nieminen ym. 2018). Erityisesti turvemailla tulee kiinnittää erityistä huomiota maaperän hiileen, sillä ohutturpeisillakin ojitusalueilla turpeeseen on sitoutunut hiiltä moninkertaisesti verrattuna puustoon. Turpeen hiilivaraston säätelyssä keskeistä on pohjavedenpinnan korkeuden säätely välttämättä suurilla ja äkillisillä vaihteluilta. Alhainen pohjavedenpinta johtaa turpeen hajoamiseen, jossa hiiltä vapautuu ilmakehään. Toisaalta korkea pohjavedenpinta johtaa lisääntyviin metaanipäästöihin.

Aluetason skenaariolaskelmia jatkuvapeitteisen metsänkasvatuksen vaikutuksista pitkällä aikavälillä ei ole juurikaan tehty. Yksi syy siihen on kasvumallit; empiiriset kasvumallit ovat vasta laadintavaiheessa. Mallit eivät ole vielä käytössä ennustehjelmistoissa, eikä jatkuvapeitteisen metsän kasvumalleja ole ollut kattavasti kaikille kasvupaikoille ja maan eri osiin.

Yksi turvemaiden aluetason tarkastelu jatkuvapeitteisen kasvatuksen potentiaalista on tehty MELA-ohjelmistolla, jossa hakkuut on toteutettu yläharvennuksina (Lehtonen ym. 2023b). Tulosten mukaan nykyisillä hakkuumäärillä BAU-skenaario (nykykäytäntö) tuotti vuosina 2016–2045 kasvua 106–110 milj. m³ vuodessa. CCF-skenaario (avohakkuiden välttäminen ravinteisilla turvemailla) tuotti 106–110 milj. m³ vuodessa, ja CCF-Reg-skenaario (kuusten kasvun tasossa oletettiin 25 % lasku ensimmäisellä 5-vuotiskaudella hakkuissa) 104–108 milj. m³ vuodessa

koko maan tasolla sisältäen myös kivennäismaiden metsät. Jatkuvapeitteinen kasvatus tuotti siis hiukan suuremman tilavuuskasvun, mutta jos jatkuva kasvatus johtaa hakkuun jälkeisen viiden vuoden aikana 25 % pienempään kasvun tasoon, jää tilavuuskasvu pienemmäksi kuin perinteisessä jaksollisessa kasvatuksessa (BAU).



Kuva 17. Puuston kasvuun vaikuttavat tekijät jatkuvapeitteisesti ja jaksollisesti kasvatettavissa kuusikoissa metsikön eri kehitysvaiheissa.

Viitteet

Bianchi, S., Huuskonen, S., Siipilehto, J. & Hynynen, J. 2020a. Differences in tree growth of Norway spruce under rotation forestry and continuous cover forestry. *Forest Ecology and Management* 458: 117689. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.117689>

Bianchi, S., Myllymäki, M., Siipilehto, J., Salminen, H., Hynynen, J. & Valkonen, S. 2020b. Comparison of spatially and nonspatially explicit nonlinear mixed effects models for Norway spruce individual tree growth under single-tree selection. *Forests* 11: 1338. <https://doi.org/10.3390/f11121338>

Eerikäinen, K., Miina, J. & Valkonen, S. 2007. Models for the regeneration establishment and the development of established seedlings in uneven-aged, Norway spruce dominated forest stands of southern, Finland. *Forest Ecology and Management* 242: 444–461. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.01.078>

Hynynen, J., Eerikäinen, K., Mäkinen, H. & Valkonen, S. 2019. Growth response to cuttings in Norway spruce stands under even-aged and uneven-aged management. *Forest Ecology and Management* 437: 314–323. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.12.032>

- Hökkä, H., Repola, J. & Laine, J. 2008. Quantifying the interrelationship between tree stand growth rate and water table level in drained peatland sites within Central Finland. *Canadian Journal of Forest Research* 38:1775–1783. <https://doi.org/10.1139/X08-028>
- Juutinen, A., Shanin, V., Ahtikoski, A. ym. 2021. Profitability of continuous-cover forestry in Norway spruce dominated peatland forest and the role of water table. *Canadian Journal of Forest Research* 51:859–870. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2020-0305>
- Laiho, O., Lähde, E. & Pukkala, T. 2011. Uneven vs. even-aged management in Finnish boreal forests. *Forestry* 84: 547–556. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpr032>
- Lehtonen, A., Leppä, K., Rinne-Garmston, K.T. ym. 2023a. Fast recovery of suppressed Norway spruce trees after selection harvesting on a drained peatland forest site. *Forest Ecology and Management* 530: 120759. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120759>
- Lehtonen, A., Eyvindson, K., Härkönen, K. ym. 2023b. Potential of continuous cover forestry on drained peatlands to increase the carbon sink in Finland. *Scientific Reports* 13, 15510. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-42315-7>
- Lähde, E., Laiho, O., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 2002. Development of Norway spruce dominated stands after single-tree selection and low thinning. *Canadian Journal of Forest Research*, 32: 1577–1584. <https://doi.org/10.1139/x02-075>
- Mäkinen, H. & Isomäki, A. 2004. Thinning intensity and growth of Norway spruce stands in Finland. *Forestry* 77: 349–364. <https://doi.org/10.1093/forestry/77.4.349>
- Nieminen, M., Hökkä, H., Laiho, R., Juutinen, A., Ahtikoski, A., Pearson, M., S., Sarkkola, S., Launiainen, S., Valkonen, S., Penttilä, T., Lohila, A., Saarinen, M., Haahti, K., Mäkipää, R., Miettinen, J., Ollikainen, M. 2018 Could continuous cover forestry be an economically and environmentally feasible management option on drained boreal peatlands? *Forest Ecology and Management* 424:78–84. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.04.046>
- Pingoud, K., Ekholm, T., Sievänen, R., Huuskonen, S. & Hynynen, J. 2018. Trade-offs between forest carbon stocks and harvests in a steady state - A multi-criteria analysis. *Journal of Environmental Management* 210: 96–103. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.12.076>
- Pukkala, T., Lähde, E. & Laiho, O. 2009. Growth and yield models for uneven-sized forest stands in Finland. *Forest Ecology and Management*. 258: 207–216. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.03.052>
- Shanin, V., Valkonen, S., Grabarnik, P. & Mäkipää, R. 2016. Using forest ecosystem simulation model EFIMOD in planning uneven-aged forest management. *Forest Ecology and Management*, 378: 193–205. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.07.041>
- Vuokila, Y. & Väliäho, H. 1980. Viljeltyjen havumetsiköiden kasvatustallit. Summary: Growth and yield models for conifer cultures in Finland. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 99: 1–271. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-metla-201207171129>

5. Metsien elinvoimaisuuden turvaaminen muuttuvassa ilmastossa

5.1. Metsien sopeutumisen turvaaminen

Genetiikka ja jalostus metsien kasvua tukemassa

Metsänjalostuksen tavoitteena on parantaa metsänviljelyssä käytettävän aineiston ominaisuuksia. Metsänjalostuksella onkin jo saatu selkeää kasvun- ja laadun parannusta (ks. 4.4), ja tämä hyöty realisoituu käytettäessä jalostettua materiaalia metsänuudistamisessa. Ilmastonmuutos haastaa kiinnittämään enemmän huomiota puiden sopeutumisominaisuuksiin ja kestävyteen (Lloret 2011). On tärkeää selvittää, kuinka hyvin puut kestävät lisääntyviä abioottisia ja bioottisia haasteita, kuten kuivuutta ja tauteja, ja kuinka hyvin puut palautuvat näistä stresseistä. Puiden kasvurytmiin joudutaan myös kiinnittämään lisää huomiota kasvukausien pidentyessä ilmastonlämpenemisen seurauksena.

Metsänjalostuksella voidaan vaikuttaa vain ominaisuuksiin, joissa on perinnöllistä muuntelua eli geneettisiä eroja puiden välillä. MEKA2.0 -hankkeessa tarkastelimme männyn jalostusaineiston jälkeläisten vuotuista kasvunvaihtelua ja sen säävastetta, erityisesti kasvun vastetta kuiviin kesiin (Tietoaukeama: *Männyn kasvun vuotuinen vaihtelu viittaa ilmastokestävyysominaisuuden perinnöllisyyteen*). Havaitimme perinnöllistä vaihtelua tässä kestävyysominaisuudessa. Metsänjalostuksella on siis mahdollista parantaa puiden resilienssiä.

Metsänjalostusta voidaan tehostaa genomisten, eli DNA-tietoa hyödyntävien menetelmien avulla (Grattapaglia 2022). Aihetta tutkitaan kansainvälisestikin laajasti, ja genomisen tiedon hyödyntäminen kotieläinten ja viljelykasvien jalostuksessa on jo vakiintunut. Genomisten menetelmien avulla puiden jalostusarvojen laskenta tarkentuu, ja ominaisuuksien geneettinen mallintaminen mahdollistuu. Genomista tietoa hyödynnettiin myös MEKA2.0-hankkeessa.

Viitteet

Grattapaglia, D. 2022. Twelve years into genomic selection in forest trees: climbing the slope of enlightenment of marker assisted tree breeding. *Forests* 13: 1554. <https://doi.org/10.3390/f13101554>

Lloret, F., Keeling, E.G., & Sala, A. 2011. Components of tree resilience: effects of successive low-growth episodes in old ponderosa pine forests. *Oikos* 120: 1909-1920. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2011.19372.x>

Männyn kasvun vuotuinen vaihtelu viittaa ilmastokestävyyden perinnöllisyyteen

Sonja Kujala, Hanni Kärkkäinen, Harri Mäkinen,
Olli-Pekka Tikkasalo, Matti Haapanen, Katri Kärkkäinen

Jalostettujen siementen ja taimien käyttö on vakiintunut osaksi metsätalouttamme, ja tutkimukset ovat osoittaneet selvän kasvu- ja laatuhyödyn jalostettua materiaalia käytettäessä. Männyn jälkeläiskokeissa kasvavien puiden reagointia vuosittaiseen sään vaihteluun ei ole aiemmin tutkittu kairanlastuista määritettävien kasvuindeksien ja DNA-tiedon avulla. Selvitimme vuosittaisen kasvunvaihtelun periytyvyyttä ja kartoitimme kasvuun vaikuttavia säätekijöitä. Tulokset kertovat mahdollisuuksista parantaa puiden ilmastokestävyyttä valintajalostuksella.

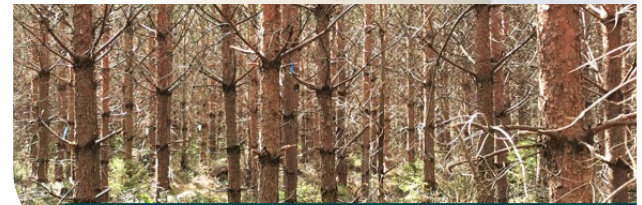
Kuinka tutkimus toteutettiin:

Mittaukset tehtiin vuonna 2023 männyn jalostusaineiston risteytysjälkeläisillä perustetuissa jälkeläiskokeissa Hankasalmella ja Tuusulassa.

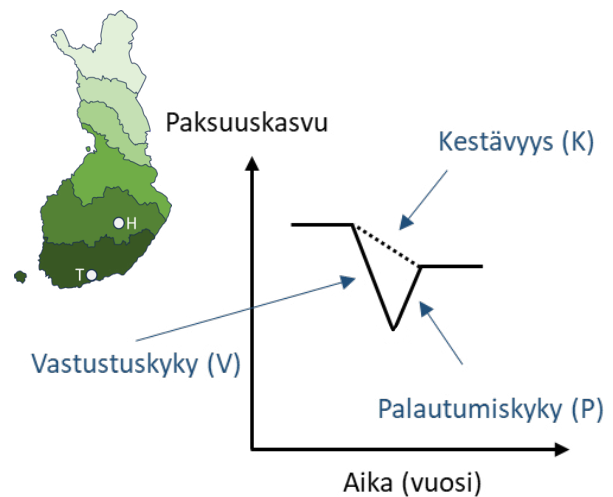
Kasvureaktioita tarkasteltiin mittaamalla vuosilustojen leveydet kairanlastuista 1437 puusta. Puut olivat alle 20-vuotiaita.

Vuosilustojen leveyksistä laskettiin jokaiselle puulle vuotuinen rungon poikkipinta-alan lisäys (BAI, Basal Area Increment), joiden perusteella määritettiin paksuuskasvun reaktioita kuvaavia indeksejä (vastustuskyky, palautumiskyky ja kestävyys).

Puista määritettiin myös kymmeniä tuhansia geenimerkkejä, joiden avulla periytyvyysasteen arvioiminen on tarkempaa. Paikkakohtaiset sääaineistot perustuivat Ilmatieteen laitoksen hiladataan. Testattuja säämuuttujia olivat muun muassa kuivuus (SPEI; Standardized Precipitation Evaporation Index), lämpötila, sademäärä ja kasvukauden pituus.

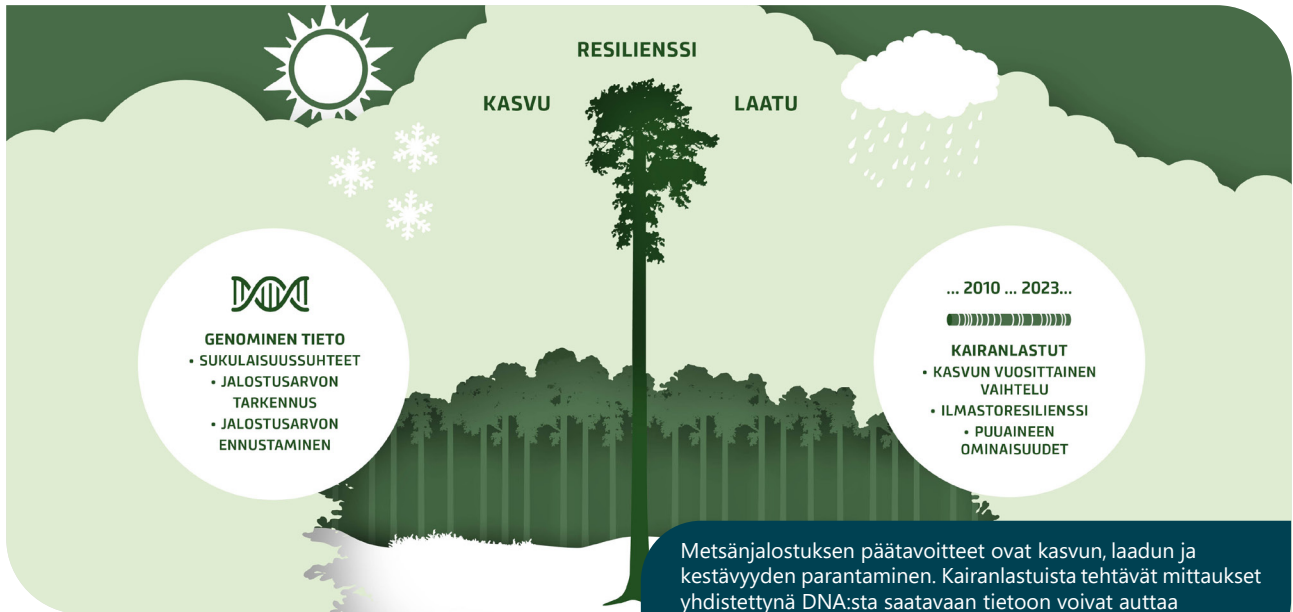


Jalostuksen jälkeläiskokeilta seulotaan parhaat yksilöt hyödynnettäväksi jatkojalostuksessa ja siementuotannossa. Jälkeläispuiden kasvun säävasteiden periytyvyyttä tutkittiin ensimmäistä kertaa kairanlastujen ja DNA-tiedon avulla. Kuvat Tuusulan jälkeläiskokeelta.

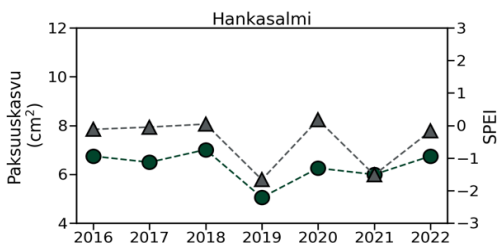
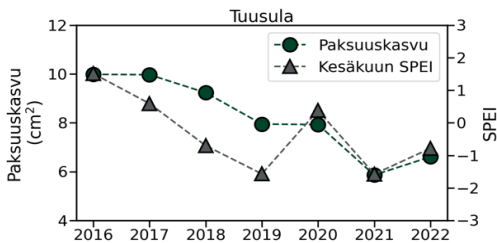


V = kasvu stressin aikana / kasvu ennen stressiä
P = kasvu stressin jälkeen / kasvu stressin aikana
K = kasvu stressin jälkeen / kasvu ennen stressiä

Kasvureaktioita tutkittiin suhteuttamalla eri vuosien kasvua; ennen, jälkeen ja stressivuoden aikana. Kasvuindeksit määritettiin jälkeläiskokeilla kahdella eteläisimmällä männyn jalostuksen kohdealueella. H=Hankasalmi, T=Tuusula



Metsänjalostuksen päätavoitteet ovat kasvun, laadun ja kestävyiden parantaminen. Kairanlastuista tehtävät mittaukset yhdistettynä DNA:sta saatavaan tietoon voivat auttaa jalostamaan puiden ilmastokestävyyttä.



Veden saatavuus kesäkuussa vaikuttaa olevan tärkeää tutkittujen puiden kasvuun. SPEI-indeksin arvo nolla kuvaa normaalia sadannan ja haihdunnan erotusta. Negatiiviset arvot tarkoittavat normaalia kuivempia olosuhteita.

Kasvun notkahdukset yhdistyivät kesäkuun kuivuuteen

Tutkituista säämuuttujista saman vuoden kesäkuun kuivuus (SPEI-indeksillä kuvattuna) selitti keskimääräistä vuotuista rungon paksuuskasvua parhaiten. Vuosien 2019 ja 2021 kesäkuut olivat poikkeuksellisen kuivia molemmilla koepaikoilla. SPEI-indeksiä laskettaessa huomioidaan sekä sateen mukana tuleva, että ilmakehään haihtuva veden määrä. Kesäkuun kosteusolojen merkityksestä vuosittaiseen kasvuun on viitteitä myös aiemmissa tutkimuksissa. Myös lämpötila, sademäärä ja muut sadantaa ja haihduntaa määrittävät muutujat selittivät kasvua. Jatkotutkimuksissa on vielä tarpeen kartoittaa säävasteen periytyvyyttä ja kasvunvaihtelun yhteyttä erilaisiin ilmastomuuttujiin pidemmällä aikasarjoilla vanhemmista puista.

Vuosien välisessä kasvunvaihtelussa on periytyvyyttä

Tutkituissa kokeissa puiden paksuuskasvu oli pienempää erityisesti vuosina 2019 ja 2021 verrattuna niiden lähivuosiin. Puiden välillä oli kuitenkin eroja kasvun aleneman voimakkuudessa ja siitä palautumisessa. Läheistä sukua toisilleen olevat puut reagoivat samankaltaisemmin kuin ei-sukulaiset puut, mikä kertoo ominaisuuden periytyvyydestä. Valintajalostuksella on siis ainakin jossain määrin mahdollista vaikuttaa puiden vuosittaisen kasvun vaihteluun ja sen säävasteeseen. Vuosittaisen kasvureaktioiden ja ulkoisten kasvumittausten välisten korrelaatioiden selvittäminen vaatii vielä lisätutkimuksia laajemmilla aineistoilla ja erilaisilla kasvupaikoilla.

Indeksi	Tuusula h ² (SE)	Hankasalmi h ² (SE)
V ₂₀₁₈₋₂₀₁₉ V ₂₀₂₀₋₂₀₂₁	0.05 (0.03) 0.10 (0.05)	0.26 (0.07) 0.19 (0.06)
P ₂₀₁₉₋₂₀₂₀ P ₂₀₂₁₋₂₀₂₂	0.04 (0.04) 0.16 (0.05)	0.13 (0.05) 0.20 (0.06)
K ₂₀₁₈₋₂₀₂₀ K ₂₀₂₀₋₂₀₂₂	0.03 (0.03) 0.09 (0.05)	0.25 (0.07) 0.30 (0.07)

Kasvureaktioissa on periytyvyyttä. Periytyvyysasteen (h²) voimakkuus vaihtelee kokeiden ja tarkasteltujen kuivien kesien välillä.

Lisätietoja

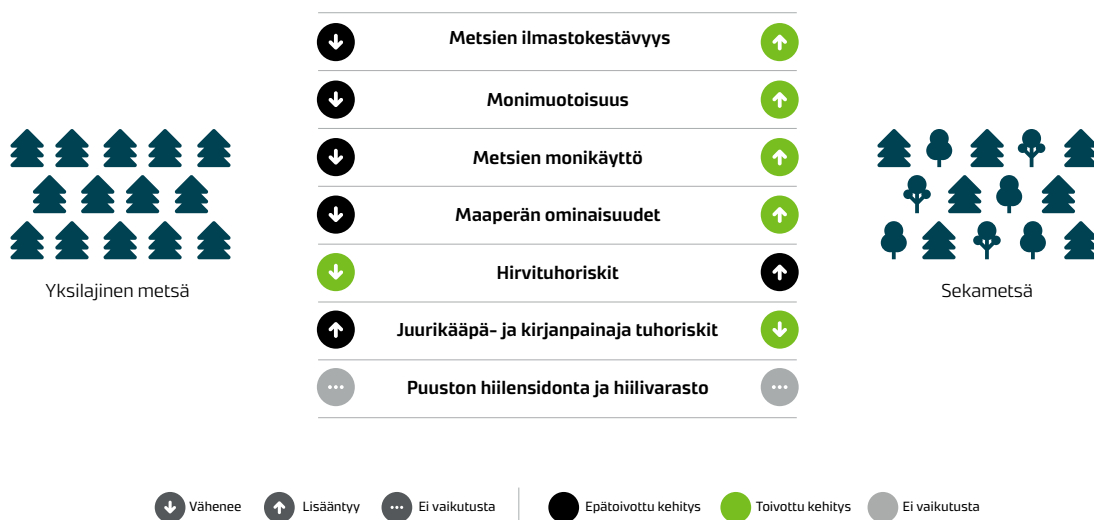
Sonja Kujala, erikoistutkija, sonja.kujala@luke.fi

5.2. Metsien monipuolajisuuden lisääminen

Monipuolajisuuden lisääminen metsissä turvaa ilmastonmuutokseen sopeutumista ja lisää monimuotoisuutta. Se myös mahdollistaa metsien käytön eri tavoitteiden yhteensovittamisen paremmin. Puuntuotannon lisäksi metsien tulee edistää monimuotoisuutta ja tuhonkestävyyttä, turvata hiilensidontaa ja tarjota mahdollisuuksia metsien virkistys- ja monikäyttöön.

Monipuolajiset metsät vastaavat näihin tavoitteisiin paremmin kuin yhden puulajin metsät. Sekapuustoisuus esimerkiksi vähentää kuusikoiden kirjanpainajatuhoriskiä ja kuusenjuurikäävän leviämistä. Toisaalta mäntytaimikoissa etukasvuinen lehtipuusto lisää hirvituhoja. Sekametsillä ei juurikaan saada lisättyä metsien tuotosta ja hiilensidontaa, mutta sekapuustoisuus turvaa puuston elinvoimaisuutta ja sitä kautta myös hiilensidontaa muuttuvassa ilmastossa (Kuva 18).

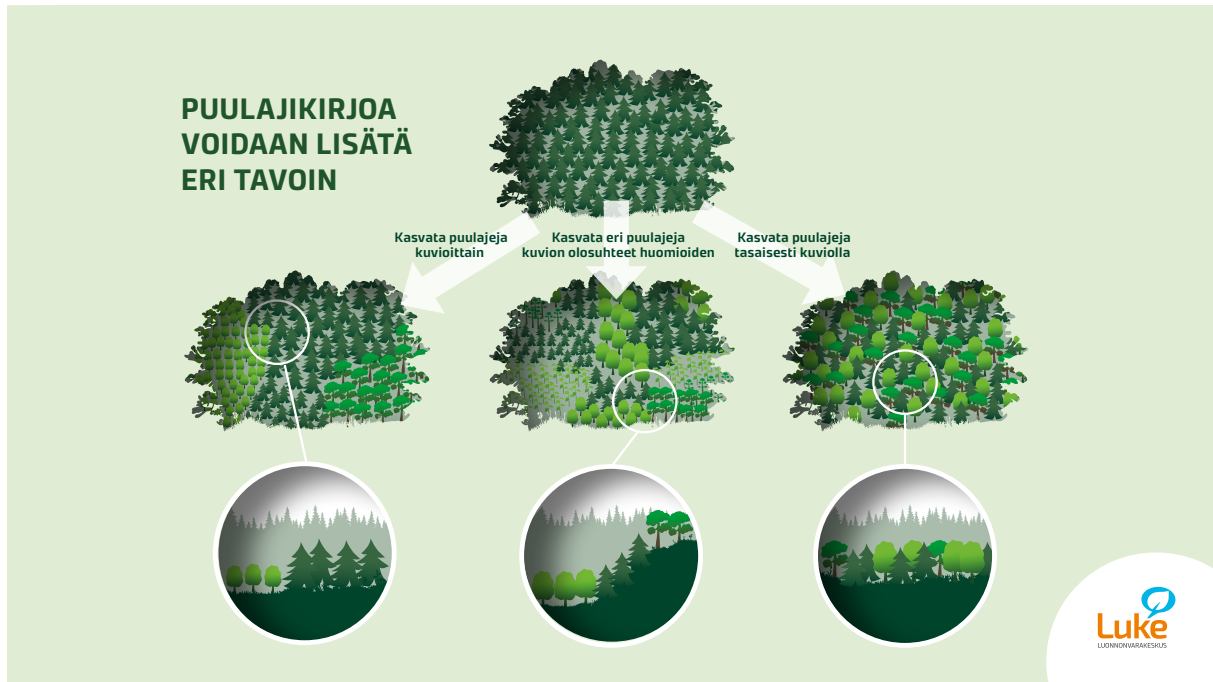
Lehtisekapuuston lisäämisen vaikutukset metsiin



Kuva 18. Lehtisekapuuston lisäämisellä on monia eri vaikutuksia metsiin.

Sekametsien tämänhetkistä määrää ja rakennetta Suomessa on selvitetty VMI12-tulosten perusteella (Lee ym. 2024). Tällä hetkellä Suomen metsistä 31 % on sekametsiä, joissa vallitsevan puulajin osuus on enintään 75 % pohjapinta-alasta. Yleisin sekametsätyyppi on mänty-kuusi-koi-vusekametsä. Sekametsät ovat yleisempiä Etelä-Suomessa. Nuorissa kasvatusmetsissä sekametsien osuus on 33 % ja uudistuskypsissä metsissä 43 %. Sekametsien pienempi osuus nuorissa kasvatusmetsissä verrattuna uudistuskypsiin metsiin selittyy aiemmilla viime vuosikymmenten metsänhoidon käytännöillä, joissa on suosittu yhden puulajin havupuumetsiä.

Metsien monipuolajisuutta voidaan lisätä aluetasolla käyttämällä eri kuvioilla eri uudistamispuulajeja niin, että uudistamisalojen ominaisuudet otetaan huomioon. Kuvion sisällä monipuolajisuus lisääntyy, kun otetaan huomioon kasvupaikan vaihtelu ja käytetään uudistamisessa kuvion eri osiin parhaiten soveltuvia puulajeja. Kolmas vaihtoehto on perustaa sekametsä, jossa eri puulajit ovat tasaisesti sekoittuneena (Kuva 19).



Kuva 19. Metsien puulajikirjoa voidaan lisätä aluetasolla, kuvion sisäistä vaihtelua hyödyntäen tai sekapuustona.

Uudistamisvaiheessa havusekametsä perustetaan viljelemällä samanaikaisesti sekä mäntyä että kuusta. Kuusi-koivusekametsä syntyy, kun istutetaan kuusta hiukan harvempaan ja hyödynnetään luontaisia rauduskoivuja sekapuustona. Taimikonhoidossa ja harvennushakkuissa ohjataan puulajisuhteita metsänkasvatuksen tavoitteen mukaisesti niin, että puuston rakenne ja kasvupaikan olosuhteet otetaan huomioon.

Rauduskoivun osuuden lisääminen kuusikossa ei yleensä lisää boreaalisten hoidettujen talousmetsien kasvua tai tuotosta; valopuulajina rauduskoivu vaatii enemmän kasvutilaa, jolloin sekapuusto pitää kasvattaa hiukan harvempaan kuin puhdas kuusikko. Lisäksi rauduskoivun vuotuinen tilavuuskasvu hidastuu jo nuoremmalla iällä suhteessa kuusen kasvuun, jolloin yksijaksoisen sekametsän tuotos voi jäädä hiukan pienemmäksi kuin puhtaan kuusikon. Lievä sekapuusto aina 25 % osuuteen asti ei kuitenkaan alenna merkittävästi tuotosta (Huuskonen ym. 2021). Aikaisempien tutkimustulosten välillä on kuitenkin eroja riippuen kasvupaikan viljavuudesta ja onko koivusekoitus raudus- vai hieskoivua. Toisaalta puhdasta kuusikkoa uhkaavat tuhot voivat johtaa kuusi-koivusekametsää alhaisempaan tuotokseen.

Nykyisten metsänuudistamismenetelmien ja metsänjalostuksen ansiosta viljelykuusikoiden alkukehitys on nopeutunut ja kasvuoero luontaiseen lehtipuustoon ja mäntyyn verrattuna on pienentynyt (Bianchi ym. 2021, Huuskonen ym. 2023, Männistö ym. 2024). Tämän seurauksena yksijaksoisten sekametsien kasvattamisen edellytykset ovat parantuneet.

Sekametsien kasvusta ja kehityksestä alkaa kertyä tutkimustietoa metsikkötasolla, mutta MEKA2.0-hankkeessa selvitettiin puulajikirjon lisäämisen aluetason vaikutuksia. Tietoaukeamalla *Metsien monipuolajisuuden lisäämisen vaikutukset metsien kasvuun aluetasolla* on kuvattu miten nykyiset metsävarat voivat muuttua ajan kuluessa, kun metsienhoidossa suositaan puulajikirjoa lisääviä menetelmiä. Puulajikirjoa kasvatettiin lisäämällä rauduskoivun viljelyä

ja männyn ja kuusen sekaviljelyä, hyödyntämällä luontaisesti syntyneitä koivuja sekapuustona uudistamisessa, sekä ylläpitämällä taimikonhoidossa ja harvennushakkuissa lehtisekapuustoa.

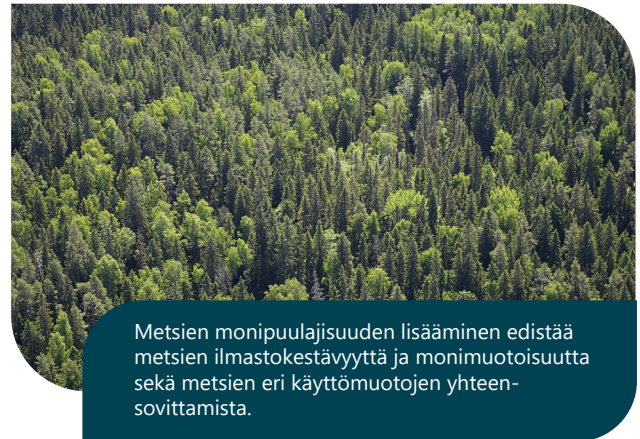
Viitteet

- Bianchi, S., Huuskonen, S., Hynynen, J., Oijala, T., Siipilehto, J. & Saksa, T. 2021. Development of young mixed Norway spruce and Scots pine stands with juvenile stand management in Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research* 36: 374–388. <https://doi.org/10.1080/02827581.2021.1936155>
- Huuskonen, S., Domisch, T., Finér, L., ym. 2021. What is the potential for replacing monocultures with mixed-species stands to enhance ecosystem services in boreal forests in Fennoscandia? *Forest Ecology and Management* 479: 118558. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118558>
- Huuskonen, S., Lahtinen, T., Miina, J., Uotila, K., Bianchi, S. & Niemistö, P. 2023. Growth Dynamics of Young Mixed Norway Spruce and Birch Stands in Finland. *Forests* 14:56. <https://doi.org/10.3390/f14010056>
- Lee, D; Holmström, E.; Hynynen, J.; Nilsson, U.; Korhonen, K.T.; Westerlund, B.; Bianchi, S.; Aldea, J.; Huuskonen, S. 2023. Current state of mixed forests available for wood supply in Finland and Sweden, *Scandinavian Journal of Forest Research*, DOI: 10.1080/02827581.2023.2259797
- Männistö L., Miina J. & Huuskonen S. 2024. How to utilize natural regeneration of birch to establish mixed spruce-birch forests in Finland? *Silva Fennica* 58: 23075. <https://doi.org/10.14214/sf.23075>

Metsien monipuulajisuuden lisäämisen vaikutukset metsien kasvuun aluetasolla

Saija Huuskonen, Soili Haikarainen, Mika Lehtonen, Jari Miina, Hannu Salminen, Jouni Siipilehto, Jari Hynynen

Metsien puulajikirjon lisäämisellä voidaan edistää niiden monimuotoisuutta ja sopeutumista ilmastonmuutoksen. Monipuulajiset metsät kestävät tuhoja paremmin ja lisäävät mahdollisuuksia metsien monitavoitteiseen käyttöön. Tällä hetkellä Suomen metsistä noin 30% on sellaisia sekametsiä, joissa vallitsevan puulajin osuus on enintään 75% pohjapinta-alasta. Metsien monipuulajisuutta voidaan lisätä muuttamalla metsänhoidon käytäntöjä.



Kuinka tutkimus toteutettiin:

Tutkimuksessa selvitettiin skenaarioanalyysillä monipuulajisuuden lisäämisen aluetason vaikutukset kolmen maakunnan alueella (Päijät-Häme, Pohjois-Savo ja Kainuu). Lähtöaineistona käytettiin Valtakunnan metsien 13. inventoinnin koealatietoja. Simuloinnit tehtiin Motti-ohjelmistolla ja tulokset laskettiin lineaarisella ohjelmoinnilla.

Molemmassa skenaarioissa hakkuumäärät pidettiin nykytasolla eikä puustopääoma laskenut lähtötasosta.

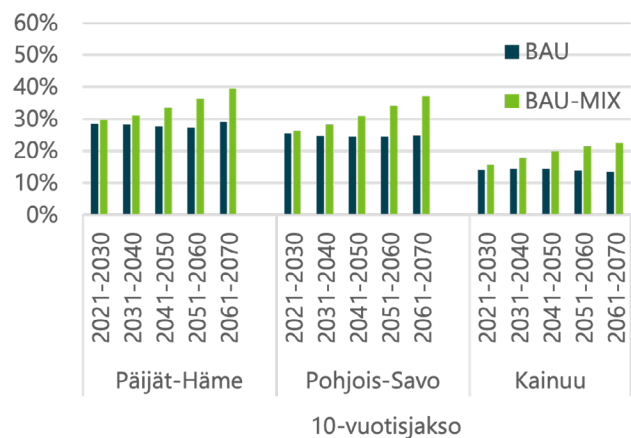
Skenaariot:

BAU: Metsänhoidon taso nykyisellään, uudistaminen suosien kuusta viljavilla ja mäntyä karummilla kasvupaikoilla.

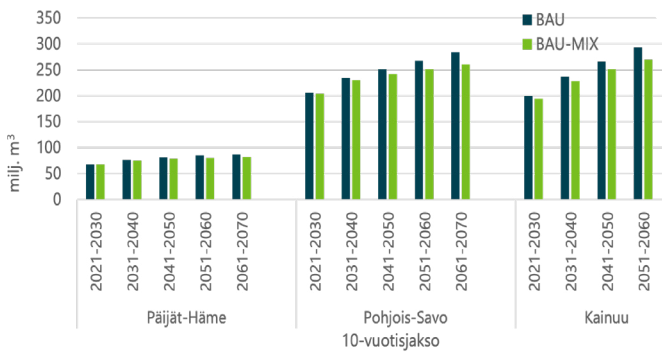
BAU-MIX: Metsänhoidon taso nykyisellään, mutta lisättiin rauduskoivun ja mänty-kuusisekametsien viljelyä sekä sekapuustoisuutta soveltuvilla kasvupaikoilla.

Lehtipuuston osuus

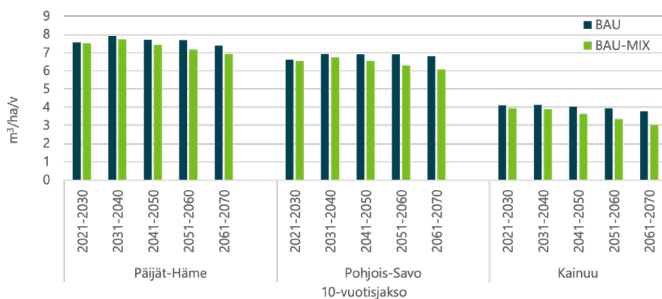
- Lehtipuuston osuus kasvaa merkittävästi kun metsänhoidossa suositaan sekapuustoisuutta ja lisätään rauduskoivun viljelyä.
- Eniten lehtisekupuustoisuus lisääntyy Päijät-Hämeen maakunnassa.
- Vuoteen 2070 mennessä BAU-MIX skenaario johtaa yhteensä 30 milj. m³ suurempaan lehtipuuston tilavuuteen BAU-skenaarioon verrattuna tarkastellun kolmen maakunnan alueella.



Lehtipuuston osuus runkopuun tilavuudesta BAU ja BAU-MIX –skenaarioissa tulevina vuosikymmeninä.



Puuston kokonaistilavuus (milj. m³) BAU ja BAU-MIX – skenaarioissa tulevina vuosikymmeninä



Puuston vuotuinen keskimkasvu (m³/ha/v) BAU ja BAU-MIX – skenaarioissa tulevina vuosikymmeninä.

Puuston kokonaistilavuus

- Puuston kokonaistilavuus lisääntyy tulevina vuosikymmeninä molemmissa skenaarioissa.
- Suosittaessa sekapuustoisuutta tilavuus lisääntyy vähemmän.
- Nykyisellä hakkuutasolla puuston kokonaistilavuus lisääntyy vähiten Päijät-Hämeessä, selvästi enemmän Pohjois-Savon ja Kainuun maakunnissa.

Puuston kasvu

- Puuston vuotuisessa kasvussa ei tapahdu suuria muutoksia seuraavina vuosikymmeninä nykyisellä metsänhoidon tasolla ja hakkuumäärillä.
- Sekapuustoja suosittaessa vuotuinen kasvu pienenee suhteessa enemmän Kainuussa kuin Päijät-Hämeessä tai Pohjois-Savossa.
- BAU-MIX skenaariossa Päijät-Hämeessä vuotuinen kasvu on 94 %, Pohjois-Savossa 89 % ja Kainuussa 80 % BAU-skenaariosta tarkastelujakson lopussa.

Sekapuustoisuuden ja rauduskoivun viljelyn lisäämisellä voidaan lisätä lehtisekapuuston osuutta merkittävästi aluetasolla. Sekapuuston lisääminen alentaa jonkin verran kasvua mikäli hakkuumäärät säilyvät nykyisellään. Vaikutukset puuston kokonaistilavuuteen ja kasvuun riippuvat alueen hakkuiden määrästä ja puuston rakenteesta.

Lisätietoja

Saija Huuskonen, johtava tutkija, saija.huuskonen@luke.fi

5.3. Riskien hallinta kiertoaikoja pidennettäessä

Ilmaston muuttuessa erilaiset metsiin kohdistuvat abioottiset ja bioottiset riskit kasvavat (Seidl ym. 2017, Venäläinen ym). Sääolosuhteilla ja keskilämpötilan nousulla on suora vaikutus abioottisiin tuhoihin, kuten metsäpaloihin ja tuuli- ja lumituhoihin. Ilmastonmuutoksen vaikutukset kasvitautien ja tuhohyönteisten aiheuttamiin puustotuhoihin ovat monimutkaisia, ja niihin sisältyy usein yhdysvaikutuksia muiden tuhonaiheuttajien kanssa (esim. lisääntyvät tuulituhot lisäävät myös kirjanpainajatuhojen riskiä). Lisäksi metsien rakenne ja puulajisto vaikuttavat tuhoriskeihin (Honkaniemi ym. 2020, Huuskonen ym. 2021). Puustotuhojen riskit kohdentuvat erilaisina eri puulajeille ja eri ikäluokkiin ja siten myös tuhojen vaikutukset puuston kasvuun, hiilensidontaan ja talouteen ovat erilaisia. Esimerkiksi hirvivahingot kohdistuvat nuoriin mänty- ja lehtipuutaimikoihin, jolloin vaikutukset yli kiertoajan ovat esimerkiksi hiilensidontaan pienet, kun taas kiertoajan loppupuolella olevaan varttuneeseen kuusikkoon kohdistuva kirjanpainajatuhon on merkittävä sekä taloudellisesti että hiilensidontan kannalta. Puulajeistamme kuusta pidetään yleisesti altteimpana erilaisille tuhoille muuttuvassa ilmastossa, mutta viime vuodet ovat osoittaneet myös männyn ja koivun olevan alttiita puustotuhoille ääriolosuhteissa.

Kiertoaikojen pidennys on yksi mahdollinen ratkaisu hiilivaraston kasvattamiseen lyhyellä aikavälillä. Tähän liittyy kuitenkin riskejä erityisesti kuusen osalta eteläisessä Suomessa. Simulaatiomallinnuksen avulla olemme arvioineet, että lyhyellä aikavälillä (2020–2050) kuuseen kohdistuvat akuutit puustotuhoriskit pysyvät maltillisina. Tuulituhot ovat jatkossakin merkittävien puustotuhojen aiheuttaja kuusivaltaisissa metsissä ja ennakoimme kirjanpainajatuhojen jäävän edelleen pienempään osuuteen (Repo ym. 2024). Toisaalta puustotuhot kohdistuvat usein yksittäisiin metsiköihin ja siten niiden merkitys vaihtelee metsiköiden välillä.

MEKA2.0-hankkeessa selvitimme puustotuhoriskien kohdentumista erilaisiin metsiköihin eteläisessä ja keskisessä Suomessa. Tietoaukeamalla *Kiertoajan pidennyksillä voi kasvattaa hiilivarastoa hallituin riskein* on kuvattu, millaisia tuhoriskejä kiertoaikojen pidentämiseen liittyy eri osissa maata. Puustotuhoriskit ovat suurimmat Etelä-Suomen kuusivaltaisissa metsissä, ja niissä kiertoaikojen pidentäminen ei todennäköisesti ole järkevää. Kiertoaikojen pidentäminen muissa kuin näissä metsissä kohdentaisi hakkuita kuusikoihin ja johtaisi lyhyellä aikajänteellä riskialttiiden kuusikoiden vähenemiseen. Merkittävää on kuitenkin huomioida, että kuusikoiden osuus uudistamisessa on viime vuosikymmeninä ollut merkittävää ja siten kuusikoiden osuus Etelä-Suomessa jatkaa kasvuaan myös tulevaisuudessa.

Viitteet

- Honkaniemi, J., Rammer, W. & Seidl, R. 2020. Norway spruce at the trailing edge: the effect of landscape configuration and composition on climate resilience. *Landscape Ecology*, 35: 591-606. <https://doi.org/10.1007/s10980-019-00964-y>
- Huuskonen, S., Domisch, T., Finér, L., ym. 2021. What is the potential for replacing monocultures with mixed-species stands to enhance ecosystem services in boreal forests in Fennoscandia? *Forest Ecology and Management* 479: 118558. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118558>

- Repo, A., Albrich, K., Jantunen, A., Aalto, J., Lehtonen, I. & Honkaniemi, J. 2024. Contrasting forest management strategies: impacts on biodiversity and ecosystem services under changing climate and disturbance regimes. *Journal of Environmental Management* 371:123124. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.123124>
- Seidl, R., Thom, D., Kautz, M., ym. 2017. Forest disturbances under climate change. *Nature Climate Change* 7: 395–402. <https://doi.org/10.1038/nclimate3303>
- Venäläinen, A., Lehtonen, I., Laapas, M., ym. 2020. Climate change induces multiple risks to boreal forests and forestry in Finland: A literature review. *Global Change Biology* 26:4178–4196. <https://doi.org/10.1111/gcb.15183>

Kiertoajan pidennyksillä voi kasvattaa hiilivarastoa hallituin riskein

Katharina Albrich, Joanne Demmler, Hannu Hirvelä, Juha Heikkinen, Juha Honkaniemi, Harri Kilpeläinen, Markus Melin, Saana Palmu

Metsiköiden kiertoaikaa pidentämällä voidaan kasvattaa metsien hiilivarastoa. Hakkuuvälin pidentäminen vaikuttaa positiivisesti myös muihin metsien tarjoamiin ekosysteemipalveluihin ja lisää elonkirjoa. Toisaalta kiertoaikojen pidennys kasvattaa myös metsiin kohdistuvia tuhoriskejä. Juurikäpää, tuuli ja kirjanpainajat aiheuttavat taloudellisia tappioita erityisesti Etelä-Suomen kuusivaltaisissa metsissä. Kuinka suuria riskit ovat ja miten niitä voisi metsänhoidossa ottaa huomioon – etenkin jos hiilivarastoa halutaan kasvattaa kiertoaikoja pidentämällä?

Kuinka tutkimus toteutettiin:

iLand-simulaatiomallin avulla tarkasteltiin kiertoaikojen pidentämisen vaikutusta tuuli- ja kirjanpainajatuhoihin

Tulosten pohjalta tehtiin suosituksia uusista kiertoajoista huomioden kuusikoiden kirjanpainajariski

MELA-ohjelmiston avulla tarkasteltiin pidennettyjen kiertoaikojen vaikutusta hakkuukertymiin ja puuston hiilivarastoihin alue- ja valtakunnan tasolla

MELAssa tarkasteltavat hakkuukertymät olivat Suurin ylläpidettävä (SY) ja vuosien 2021-2023 taso (BAU; Business as usual), kiertoajat nykysuositukseen ja 10% pidennyksiin.

Tuhoriskit muuttuvassa ilmastossa

Olosuhteet eteläisessä Suomessa ovat kirjanpainajalle otollisimmat. Juurikäpään heikentämät kuusikot ja myrskytuhot tuovat oman lisänsä etelän tuhoriskeihin. Lämpenevä ilmasto parantaa kirjanpainajan elinolosuhteita ja kasvattaa mahdollisuutta useammalle sukupolvelle kasvukauden aikana. Simulaatiomme osoittavat, että kirjanpainajan ja kuivuuden vaikutukset metsiin lisääntyvät merkittävästi tulevina vuosikymmeninä.

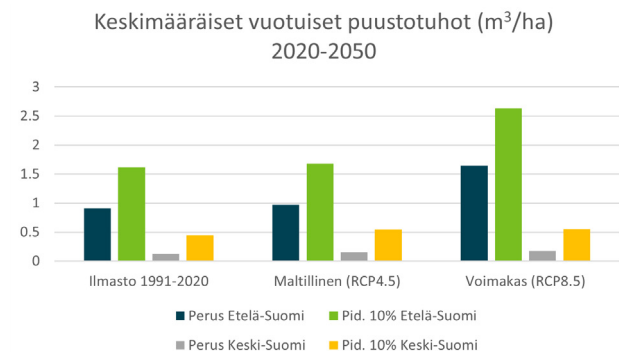


Kuusikoiden riskit kasvavat kiertoajan pidentyessä erityisesti Etelä-Suomessa

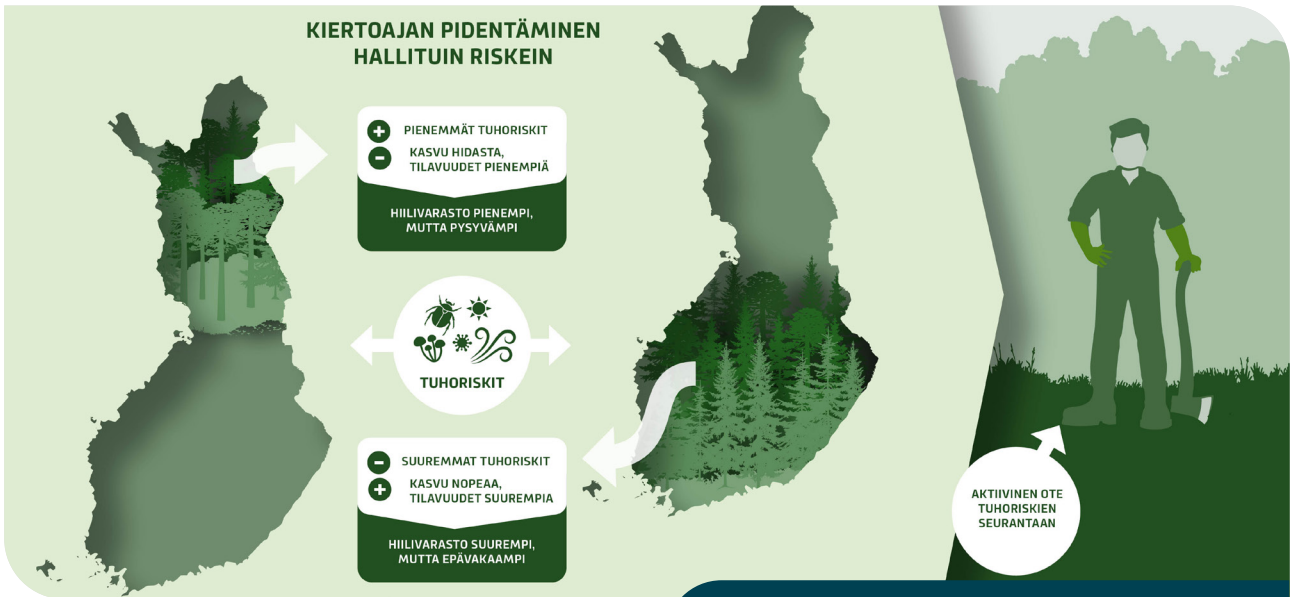
Tuhoriskit ovat kuitenkin maltillisia suhteutettuna esimerkiksi alueiden keskimääräiseen vuotuisen kasvuun.

Puustotuhot ja kiertoaikojen pidentäminen

Erilaiset luontaiset häiriöt, kuten sienten tai hyönteisten aiheuttama kuolleisuus, ovat osa metsien kehitystä. Puustotuhosta voidaan puhua, kun asetamme metsälle taloudellisen tai muun arvon, jota esimerkiksi kirjanpainajien aiheuttamat vahingot alentavat. Muuttuvassa ilmastossa puustotuhojen odotetaan lisääntyvän. Suomessa on varauduttava tuhoriskeihin erityisesti pääpuulajeillamme kuusella ja männyllä. Vaikka kiertoaikojen pidentäminen lisää puustotuhoriskejä, on sillä laskettu olevan kuitenkin nettohyötyjä esimerkiksi hiilensidonnan suhteen.



Kirjanpainaja- ja tuulituhorisken ennustetaan kasvavan ilmaston muuttuessa. Ne ovat suurimmat erityisesti Etelä-Suomessa. Puuston kasvuun suhteutettuna vaikutus on kuitenkin pieni tuhojen kohdistuessa yksittäisiin metsiköihin.

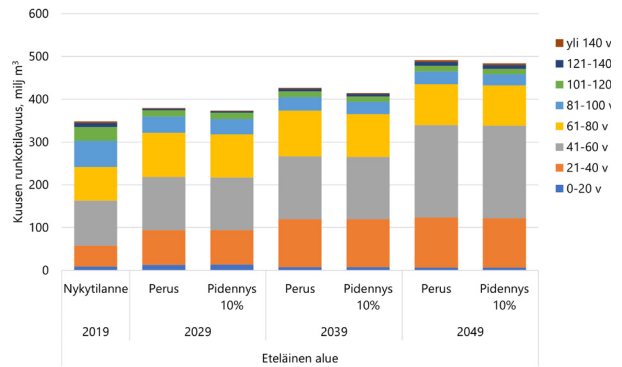


Kiertoaikojen pidentämisen mahdollisuudet ja riskit vaihtelevat maan eri osissa. Metsänomistajalta kiertoajan pidentäminen vaatii kuitenkin aina aktiivista otetta.

Kirjanpainajariskien hallinta

Puustotuhot Suomessa ovat toistaiseksi olleet verrattain vähäisiä, ja kiertoaikojen pidentämistä rajoittavat tuhoriskit pysyvät ennusteemme mukaan maltillisina lähitulevaisuudessa. Tässä laskennassa kiertoaikojen pidentämistä rajoitettiin hyväksymällä maksimissaan 1%:n suuruinen riski taloudellisille tappioille. Näin tiukalla rajoituksella kiertoaikasuosituksia ei muutettaisi eteläisen Suomen tuoreiden (MT) ja lehtomaisten (OMT) kankaiden kuusikoissa. Mikäli hyväksytään hieman korkeampi riskitaso (esim. 5%), jonka taloudelliset vaikutukset ovat vielä pienet, myös näiden metsien kiertoaikoja voitaisiin pidentää. Männiköissä kiertoajan pidennys ei aiheuta samanlaista tuhoriskin kasvua. Mikäli männiköiden kiertoaikaa pidennettäisiin 10%, tämä kohdistaisi hakkuupainetta aiempaa enemmän kuusikoihin, olettaen hakkuukertymät vuosien 2021-2023 tasolle. Nämä toimenpiteet luonnollisesti pienentäisivät kuusikoiden kokonaistilavuutta sekä vanhojen, korkeimman riskin kuusikoiden osuutta.

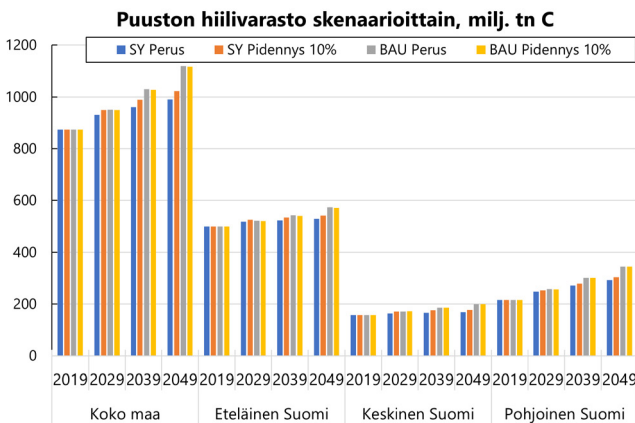
OMT- ja MT-kankaiden kuusikot puuntuotannon metsämaalla
BAU-skenaariot (=hakkuutaso 2021-2023) / Eteläinen alue



Riskialttiiden kuusikoiden osuus pienentyy ajan myötä hakkuiden kohdentuessa niihin.

Hiilensidonnan potentiaali ja tuhoriskit Etelä-Suomessa

Etelä-Suomessa puuston keskitilavuudet ja kasvut ovat suurimmat. Näin myös hiilivarasto ja sen kasvattamisen mahdollisuudet olisivat suurimmat. Kiertoaikojen pidentäminen tuhoriskirajoituksin vähentää kuitenkin tätä potentiaalia. Keski- ja Pohjois-Suomessa samanlaisia tuhorajoituksia ei ole, mutta metsien nuoremmasta ikärakenteesta ja pienemmästä kasvusta johtuen kiertoaikojen pidentäminen ei realisoidu yhtä nopeasti hiilivaraston kasvuna. Laskennassa mahdollisten tuhojen lisääntymisen vaikutuksia hiilivarastoon ei ole huomioitu, mutta tämä vaikutus koskenee kuitenkin vain eteläistä Suomea. Näin ollen pidentämällä kiertoaikoja merkittävästi tarkastetua enemmän erityisesti keskisessä ja pohjoisessa Suomessa, voidaan puuston hiilivarastoa kuitenkin kasvattaa tulevaisuudessa.



Kiertoajan pidennyksillä hiilivarastoa voidaan kasvattaa riippuen kuitenkin asetetuista hakkuutasoista.

Lisätietoja

Markus Melin, tutkija, tutkimuspäällikkö, markus.melin@luke.fi

5.4. Metsien kuivuusstressit ja niihin varautuminen

Kuivuusjaksojen lisääntyminen rajoittaa puiden kasvua ja altistaa ne tuhoille. Sadannan ja haihdunnan välistä suhdetta voidaan arvioida SPEI (Standardised Precipitation-Evapotranspiration Index) -indeksillä. Sen avulla voidaan tunnistaa jaksot, jolloin haihdunta on ollut sadantaa merkittävästi suurempaa. Etelä-Suomessa tällaisia vuosia ovat olleet: 1999, 2006, 2013, 2018 ja 2021. Lisäksi jakso 2017–2022 on ollut pääsääntöisesti kuiva. Puut säätelevät vedenkäyttöä ilmarakojen avulla, ja pienentynyt haihdutus vaikuttaa myös ravinteiden saatavuuteen. Kuivuusjaksojen ajankohta on tärkeää, veden puute kasvukauden aikana kesä- elokuussa voi olla erityisen haitallista. Kuivuus voi altistaa metsiköt myös muille tuhoille, kuten kuusikot kaarnakuoriaisille.

Viimeisimmissä Valtakunnan metsien inventoinnissa todetun kasvun alenemisen syytä ei täysin tunneta, mutta Henttonen ym. (2024) mukaan kasvun aleneminen ei liity metsien rakenteen, kuten ikäluokkien tai puulajisuhteiden, muutokseen. Sen sijaan kasvun alentuminen näyttäisi johtuvan muuttuneista ympäristöolosuhteista. Kaukokartoitukseen perustuvat tutkimustulokset osoittavat, että kuivuus rajoitti metsien kasvua ja tuotosta vuonna 2018 laajemminkin Pohjois-Euroopassa (Buras ym. 2020).

MEKA2.0-hankkeen työpaketissa tutkittiin kuivuuden vaikutusta metsiin Etelä-Suomessa kivennäismaan mäntykankailla ja turvemaan korpikuusikoissa (Tietoukeama: *Metsien sopeutuminen ilmastonmuutokseen Etelä-Suomessa: Vuosilustot kuivuuden kasvuvaiikutusten arvioinnissa*). Alustavien tulosten mukaan korpikuusikoiden kasvu on lisääntynyt vuoteen 2016 saakka, jonka jälkeen kasvu on alentunut merkittävästi. Männiköiden kasvun vaihtelu on ollut vähäisempää. Hiilen stabiilien isotooppien avulla voimme päätellä, että korpikuusikoiden kokema kuivuusstressi on lisääntynyt vuoden 2015 jälkeen. Tämä ilmenee lisääntyneenä $\delta^{13}C$ osuutena sidotussa hiilessä. Stabiilit isotoopit osoittavat myös, että kuivien kasvupaikkojen männynyt ovat säädelleet ilmarakojaan poikkeuksellisen paljon vuoden 2012 jälkeen. Tämä viittaa siihen, että männynyt ovat säilyttäneet aikaisemman kasvutason ennallaan kuivilla kasvupaikoilla, vaikka kuivuusstressi on lisääntynyt

Viitteet

- Buras, A., Rammig, A. & Zang, C.S., 2020. Quantifying impacts of the 2018 drought on European ecosystems in comparison to 2003. *Biogeosciences* 17: 1655-1672. <https://doi.org/10.5194/bg-17-1655-2020>
- Henttonen, H.M., Nöjd, P. & Mäkinen, H., 2024. Environment-induced growth changes in forests of Finland revisited-a follow-up using an extended data set from the 1960s to the 2020s. *Forest Ecology and Management* 551: 121515. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.121515>
- Korhonen, K.T., Rätty, M., Haakana, H., Heikkinen, J., Hotanen, J.P., Kuronen, M. and Pitkänen, J., 2024. Forests of Finland 2019-2023 and their development 1921-2023. *Silva Fennica* 58: 24045. <https://doi.org/10.14214/sf.24045>

Metsien sopeutuminen ilmastonmuutokseen Etelä-Suomessa: Vuosilustot kuivuuden kasvuvaikutusten arvioinnissa

Paul Szejner, Eduardo Martínez García, Alekski Lehtonen

Suomen ilmastossa on tapahtunut muutoksia, jotka näkyvät lisääntyneenä sääilmiöiden vaihteluna ja kuivuusjaksoina. Muuttunut ilmasto tuo haasteita kestäväälle metsätaloudelle ja erityisesti metsien tuhonkestävyydelle. Tässä työssä analysoimme kuivuuden vaikutusta metsien tuottokykyyn Etelä-Suomessa kohteilla, joilla on kohonnut kuivuusriski.

Kuinka tutkimus toteutettiin:

Tutkimuksessa analysoitiin 12 koealalta kultakin 20 puuta (ojitettuja korpia 6 kohdetta ja mäntykankaita 6 kohdetta).

Analyysin tavoitteena oli selvittää ympäristöolosuhteiden muutosten vaikutusta puiden kasvuun.

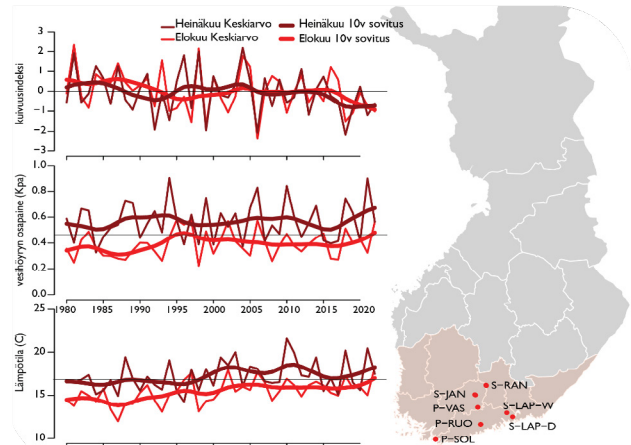
Koealat sijaitsevat Etelä-Suomessa.

Kairanlastuista mitattiin vuosilustojen leveydet

Lisäksi vuosilustoista mitattiin stabiilien hiili-isotooppien suhde, jolloin jolloin pystyttiin tunnistamaan ne jaksot, jolloin puut kokivat kuivuusstressiä.

Tutkimusmenetelmästä

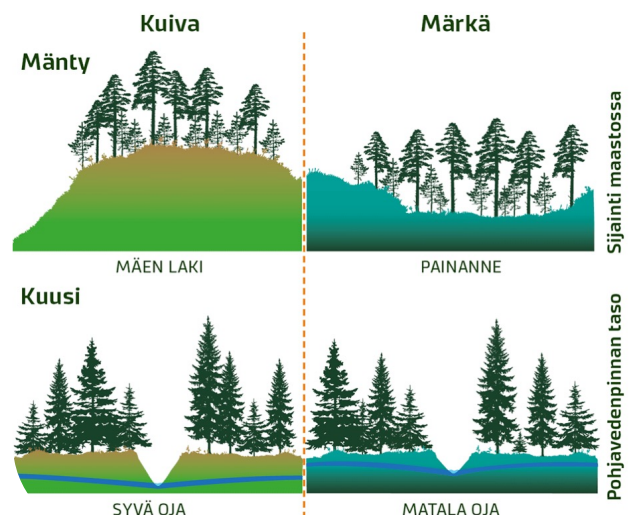
Tutkimusmenetelmämme hyödyntävät puun vuosilustojen vaihtelua ja dendrokronologisia menetelmiä, joiden avulla voidaan tutkia ympäristövaihtelun vaikutusta kasvuun. Puiden vuosilustojen leveyden ja isotooppisuhteiden analyysin avulla voimme tunnistaa yksittäiset vuodet, jolloin kuivuus on rajoittanut puiden kasvua. Analyysi mahdollistaa myös puiden veden käytön tehokkuuden arvioinnin.



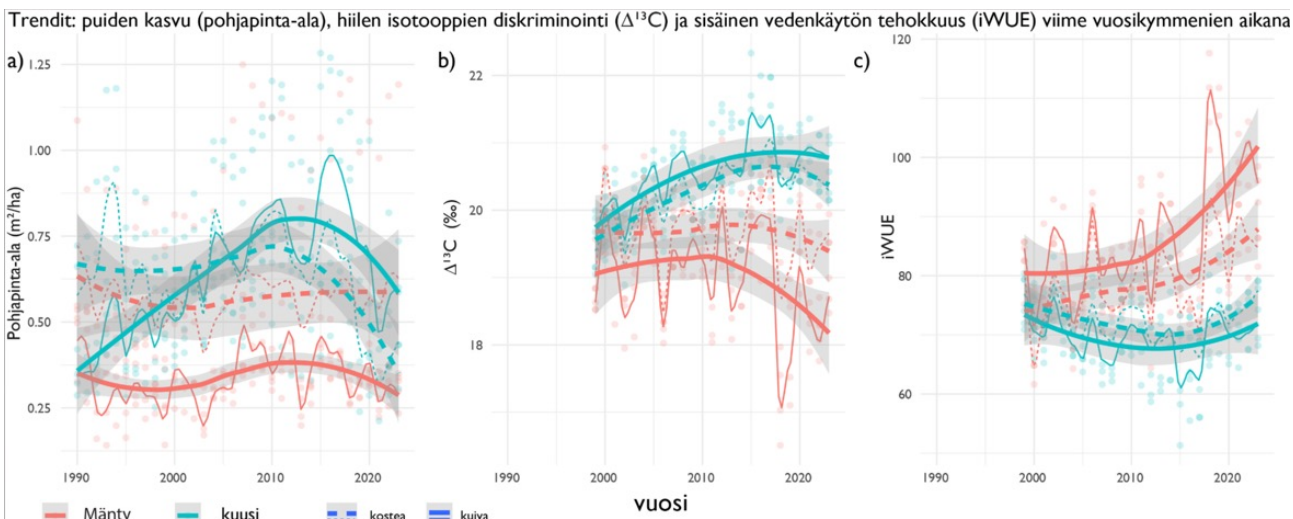
Sääolosuhteiden trendit ja koepaikat.

Kuivuus alensi kasvua riskipaikoilla

Tuloksemme osoittavat, että erilaisissa olosuhteissa kasvavat puut reagoivat kuivuuteen eri tavoin. Tulokset ovat samansuuntaiset Valtakunnan metsien inventoinnin (VMI) tulosten kanssa. Mittauksemme osoittavat että kasvu on alentunut korkean kuivuusriskin kohteilla viimeisen vuosikymmenen aikana. Kuivuuden vaikutuksen ymmärtäminen on keskeistä, jotta metsien kuivuuden kestävyttä ja resilienssiä voidaan parantaa tulevaisuudessa metsänhoidon keinoin.



Tutkimuskohteet jaettiin korkean ja alhaisen kuivuusriskin kohteisiin



Topografia, sijainti ja pohjaveden pinnankorkeus vaikuttavat puiden kuivusreaktioihin

Kuivien mäntykankaiden topografia ja pohjaveden pinnankorkeus kuusivaltaisissa korvissa vaikuttavat puiden kasvuun kuivuuden aikana.

Vertailimme syvä- ja matalaojaisia kuusivaltaisia turve- maametsiä. Mäntykohteissa vertasimme kuivia mäen laella kasvavia metsiköitä kosteammassa painanteissa kasvaviin metsiköihin.

Alustavien tulosten perusteella voimme tunnistaa kohteita, joissa on kuivusriski muuttuvassa ilmastossa. Tällaisia kohteita ovat syväojaiset korvet ja kuivat kankaat vettä läpäisevillä mailla. Voimme myös arvioida mahdollisia kuivuuden aiheuttamia kasvatappioita ja niiden suuruutta.

Erilaisten olosuhteiden kasvuvaikutuksen ymmärtäminen edesauttaa metsänhoitomenetelmien räätälöintiä kohteille, joissa on kohonnut kuivusriski.

Trendit pohjapinta- alassa, hiilen isotooppien valikoitumisessa ja sisäisen vedenkäytön tehokkuudessa kertovat kasvun alentumisesta ja ilmarakojen sulkeutumisen yleistymisestä viime vuosikymmenen aikana. Kuivissa olosuhteissa hiilen isotooppien suhde $\Delta^{13}\text{C}$ laskee ja vedenkäytön tehokkuus nousee.

Sopeutuva metsänhoito muuttuvassa ilmastossa

IPCC:n ennusteiden mukaan sekä lämpimät että kuivat jaksot yleistyvät Suomessa, ja metsänhoitomenetelmien on sopeuduttava uusiin olosuhteisiin. Tutkimuksemme tulokset osoittavat muuttuvien sääolosuhteiden vaikuttavan puiden kasvuun ja elinvoimaisuuteen. Uusia metsänhoitomenetelmiä, kuten sekametsiä, erilaisia harvennusvoimakkuuksia ja turvemaiden vedenpinnan hallintaa tarvitaan, jotta voimme minimoida kuivusjaksojen haitalliset vaikutukset puustoon.

"Tutkimuksemme luo tietopohjaa sopeutumiskykyisille metsänhoitostrategioille"

Päätelmät

Tutkimuksemme tukee oletusta, jonka mukaan Etelä-Suomessa viime vuosikymmenellä havaittu puiden kasvun väheneminen on seurausta toistuvista kuivusjaksoista. Tämä tulos on tärkeä kun suunnittelemme tulevaisuuden metsänhoitostrategioita, joilla pyritään lieventämään kuivuuden vaikutusta metsien tuotokseen ja parantamaan Suomen metsien kykyä sopeutua tuleviin ilmasto-olosuhteisiin.

Lisätietoja

Aleksi Lehtonen, tutkimusprofessori, aleksi.lehtonen@luke.fi

6. Yhteenveto ja johtopäätökset

Metsät hillitsevät ilmastonmuutosta sitomalla hiilidioksidia ilmakehästä. Puuntuotannon metsissä kokonaiskestävä käsittely edellyttää metsien hiilensidontaa vähentävän puunkäytön ja hiilensidontaa lisäävän metsien kasvun yhteensovittamista. Puun kysynnän säilyessä korkealla tasolla ainoa keino ylläpitää hiilinieluja on lisätä puuston kasvua ja vähentää metsämaan hiilipäästöjä metsänhoidon avulla.

Merkittävimmät kasvua lisäävät keinot ovat jalostetun metsänviljelymateriaalin käyttö yhdistettynä tehokkaaseen metsän uudistamiseen ja varhaishoitoon (Kuva 20). Onnistuneet metsikön varhaisvaiheen valinnat ja toimenpiteet ovat edellytys myöhempien kasvua lisäävien toimenpiteiden vaikuttavuudelle. Terveissä ja hoidetuissa kasvatusmetsissä puuston kasvua voidaan lisätä välttämällä voimakkaita harvennuksia etenkin nuorissa kasvatusvaiheen männiköissä. Varttuneissa ja kasvatusmetsissä maltillinen kiertoajan pidentäminen lisää tuntuvasti puuston hiilivarastoja ja myös ainespuun tuotosta, jos puusto on tervettä, eikä metsikkö sijaitse korkean tuhoriskin alueilla. Myös kasvatuslannoituksen avulla kasvua voidaan lisätä sekä kivennäis- että turvemailla. Yllä mainittujen toimenpiteiden yhteenlaskettu vuosittainen kasvunlisäys lähimmän 10 vuoden aikana olisi arviolta noin kolme miljoonaa kuutiometriä. 20 vuoden kuluttua kasvunlisäys olisi noin seitsemän ja 30 vuoden kuluttua noin 10 miljoonaa kuutiometriä.

Ilmastonmuutos ja siihen liittyvät sään ääri-ilmiöt tulevat lisäämään metsätuhoja. Oikein valituilla ja kohdistetuilla puulajivalinnoilla ja metsänkäsittelymenetelmillä voimme kuitenkin lisätä metsien vastustus- ja palautumiskykyä sekä metsien elinvoimaisuutta. Sopeutuminen edellyttää metsien monipuolisuuden ja monimuotoisuuden lisäämistä, sekä metsänviljelymateriaalin sopeutumiskyvyn varmistamista. Yksi tärkeä sopeuttamiskeino on lehtipuuston määrän lisääminen havupuiden vallitsemisissa puuntuotannon metsissä. Tämä voi kuitenkin johtaa puuston tilavuuden ja hiilivaraston kasvun hidastumiseen ainakin lyhyellä aikavälillä. Lehtipuuston osuuden lisäämisen pitkän aikavälin vaikutuksia metsien kasvuun ei vielä tunneta hyvin. Ne jäänevät kuitenkin pienemmiksi kuin kasvua lisäävien toimien vaikutukset.

Puuston kasvua lisäävillä toimenpiteillä voidaan saada haluttu vaikutus vain, jos ne kohdennetaan oikein. Korkean tuhoriskin alueilla kasvua vähentävien biottisten tai abioottisten tuhojen välttäminen tai tuhovaurioiden korjaaminen tulee olla määräävä tekijä metsän käsittelyssä. Tuhoriskien ja tuhovaurioiden ennustaminen on kuitenkin niin haastavaa, ettei niitä pystytä vielä ottamaan huomioon metsienkäsittelyskenaarioissa.

Kestävän kehityksen varmistaminen edellyttää metsien kokonaiskestävää hyödyntämistä, joka vahvistaa metsien elinvoimaisuutta, monimuotoisuutta ja sopeutumiskykyä. Tavoite on tunnistettu ja sisällytetty Suomen metsäpolitiikkaa ohjaavaan Kansalliseen metsästrategiaan 2035. Maa- ja metsätalousministeriön rahoittama Hiilestä kiinni- tutkimus- ja innovaatio-ohjelma on osaltaan mahdollistanut uuden tutkimustiedon tuottamisen metsäpoliittisen päätöksenteon tueksi. Vaikka tietotarpeita onkin vielä paljon varsinkin tuhojen ennakoinnin suhteen, tietopohjaa metsien kestävyyttä tukevien toimenpiteiden toteuttamiseen on riittävästi.



Kuva 20. Synteesiraportissa tunnistetut tärkeimmät kasvua lisäävät keinot ja kasvua rajoittavat tekijät sekä sopeutumista tukevat toimenpiteet.



**Löydät meidät
verkosta**

luke.fi



Luonnonvarakeskus (Luke) Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki