

Jatkuvapeitteisen metsänkasvatuksen vaikutukset puuntuotantoon

Metsätehon tulokalvosarja 6/2023

Severi Solismaa, Markus Strandström, Jukka Malinen

Metsäteho Oy

Työn tavoite ja lähdemateriaalit

- Tämä työ tiivistää ajantasaisen tutkimustiedon jatkuvapeitteisen metsänkasvatuksen vaikutuksista puuntuotantoon Suomen olosuhteissa ja tuo esiin tutkimustiedossa olevia puutteita.
- Puuntuotantovaikutukset koskevat seuraavia näkökulmia:
 - Metsän uudistuminen, metsätuhot, puuntuotanto ja tuotos, puuntuotannon laatuvaikutukset, taloudellinen tuotto
- Tiiviit koosteet vaikutuksista noudattavat kunkin näkökulman osalta yhtenäistä rakennetta
 - Aloitussivu: Tutkimuksen tila - Tutkimustiedon puutteet ja epävarmuudet – Olettamuksia
 - Seuraavat sivut: Tieto varsinaisista vaikutuksista
 - Viimeinen sivu: Viitekirjallisuus, johon tieto vaikutuksista perustuu
 - Koko työn lopussa on yhteenvetotaulukot kestävyysvaikutuksista
- Työn pääasiallisina lähteinä on käytetty
 - Luonnonvarakeskuksen [Jatkuvapeitteisen metsänkasvatuksen synteesiraporttia](#) ja sen alkuperäislähteitä sekä
 - Metsähallituksen ja Luonnonvarakeskuksen [Jatkuvapeitteisen metsänkasvatuksen seminaarin esityksiä](#).



Sisältö

1. [Jatkuvapeitteinen metsänkasvatus](#)
2. [Metsän uudistuminen](#)
3. [Metsätuhot](#)
4. [Puuntuotanto ja tuotos](#)
5. [Puuntuotannon laatuvaikutukset](#)
6. [Taloudellinen tuotto](#)
7. [Yhteenveto](#)



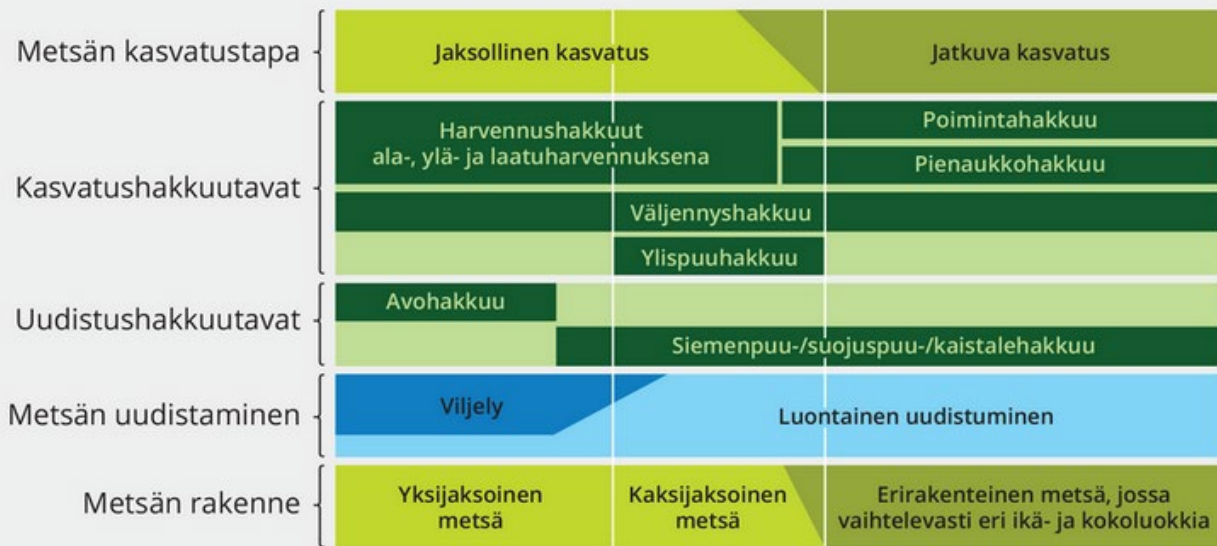
Jatkuvapeitteinen metsänkasvatus

- Jatkuvapeitteinen metsänkasvatus tarkoittaa metsän kasvattamista ilman päätehakkuuta siten, että metsän peitteisyys säilyy koko ajan.
- Jatkuvapeitteiseen metsänkasvatukseen liittyvät termit eivät ole vielä täysin vakiintuneet. Jatkuvapeitteisen metsänkasvatukset kanssa samaa tai lähes samaa tarkoittavia termejä ovat
 - Jatkuva kasvatus
 - Peitteinen metsänkasvatus / metsätalous
 - Eri-ikäisrakenteinen metsänkasvatus / eri-ikäisrakenteisen metsänkasvatus / eri-ikäiskasvatus / erirakenteiskasvatus
- Metsänhoidon suosituksissa käytetään termiä jatkuva kasvatus.
- Lisätietoa [jatkuvasta kasvatuksesta](#) sekä [metsän kasvatus- ja hakkuutavoista](#) löytyy muun muassa [metsänhoidon suosituksista](#).
 - On huomionarvoista, että jatkuvassa ja jaksollisessa metsänkasvatuksessa käytetään osin samoja hakkuutapoja!



Metsän kasvatusta- ja hakkuutavat

Hakkuiden ja uudistamisen soveltaminen sekä metsän rakenteet jaksollisessa ja jatkuvassa kasvatuksessa



Lähde: Metsänhoidon suositukset, Tapio 2023.

Vaikutukset metsän uudistumiseen

Tutkimuksen tila:

- Kangasmaiden osalta tutkimustietoa on kuusen sekä koivun eri-ikäismetsien sekä pienaukkojen uudistumisesta Etelä- ja Keski-Suomessa (esim. Downey ym. 2018; Saksa ja Valkonen 2011) sekä männiköiden ylispuukasvatuksen ja pienaukkojen uudistumisesta Pohjois-Suomessa (esim. Hallikainen ym. 2020).
- Turvemaiden osalta tutkimustietoa on kuusen sekä männyn suojuspuumetsien sekä pienaukkojen uudistumisesta (esim. Hökkä ja Repola 2018; Valkonen 2019).
 - Tutkimukset kattavat sekä Etelä- että Pohjois-Suomen.
 - Eri-ikäismetsien uudistumisesta kummallakaan puulajilla ei ole vielä julkaistua tietoa.

Tutkimustiedon puutteet ja epävarmuudet:

- Kangasmaat
 - Pienaukkojen uudistumiseen liittyen monet alue-kasvupaikkayhdistelmät ovat tutkimatta.
 - Männiköiden eri kasvatustietojen uudistuminen Etelä-Suomessa.
- Turvemaat
 - Eri-ikäiskasvatuksen uudistuminen eri puulaji-kasvupaikkayhdistelmillä.



Jatkuvapeitteisen metsänkasvatuksen uudistumisen turvaaminen

- Jatkuvapeitteisessä metsänkasvatuksessa olennaista on luontaisen uudistumisen ja olemassa olevan alikasvoksen hyödyntäminen.
- Luontaista taimettumista edistetään vapauttamalla tilaa erilaisilla hakkuilla, mutta säilyttäen samalla riittävästi isompia siementäviä puita.
- Maanmuokkausta voidaan käyttää sopivissa tilanteissa, kuten pienaukoissa ja kaistalehakkuissa.
 - Maanmuokkaus kuitenkin tuhoaa alikasvosta ja vahingoittaa puiden juuria, joten se sopii huonosti varsinaisiin eri-ikäismetsiin (Valkonen ym. 2022).
- Kylvö ja istutus ovat mahdollisia uudistamisen nopeuttamiseksi, mutta luontainen uudistaminenkin tuottaa hyvällä todennäköisyydellä riittävän määrän taimia.

Vaikutukset metsän uudistumiseen: kuusi kangasmailla

- Kuusi sopii hyvin jatkuvapeitteiseen metsänkasvatukseen eri-ikäiskasvatuksena, koska se pärjää varjopuuna vähäisessäkin valossa alikasvosvaiheessa.
- Eri-ikäiskasvatuksen kestokokeissa uusia kuusen taimia syntyi keskimäärin 2 000 kpl/ha vuodessa, koivuja syntyi 850 kpl/ha ja mäntyjä 30 kpl/ha (Saksa ja Valkonen 2011).
 - Taimien kuolleisuus oli noin 3,4 % vuodessa ja männyillä sekä koivuilla 7–8 % vuodessa (Saksa ja Valkonen 2011).
- Tyypillisesti taimet sijoittuvat epätasaisesti metsikköön, jolloin voi syntyä suuria tyhjiä kohtia ja toisaalta hyvin tiheitä taimikeskittyviä.
- Eri-ikäismetsissä kuusentaimet voivat juroa hyvinkin pitkään: kestokokeissa kuusen taimet saavuttivat 1,3 metrin pituuden 40–60 vuodessa (Saksa ja Valkonen 2011).
- Pienaukot taimettuvat kuuselle hyvin ja runsaan valon ansiosta myös valopuita (mänty ja lehtipuut) kasvaa enemmän kuin poimintahakkuin käsitellyssä metsässä (Valkonen ym. 2022).
 - Kuusen kokonaistaimimäärät vaihtelivat tutkimuksissa välillä 2 400–11 400 kpl/ha, mutta taimien ryhmittäisyyden takia kasvatuskelpoisten taimien määrä oli selvästi pienempi; 1 300–2 000 kpl/ha (Valkonen ja Siitonen 2016; Valkonen 2019).
- Maanmuokkaus nostaa pienaukkojen taimimääriä etenkin Pohjois-Suomen kangasmailla, mutta Etelä-Suomessa hyöty jää vähäiseksi pintakasvillisuuden vallatessa nopeasti muokatun maan (Valkonen ym. 2022).
 - Viljavimmilla kasvupaikoilla Etelä-Suomessa voi olla taimettumisongelmia rehevän pintakasvillisuuden vuoksi, etenkin isoilla (halkaisija >40 metriä) pienaukoilla (Downey ym. 2018).

Vaikutukset metsän uudistumiseen: kuusi turvemailla

- Kuusen jatkuvapeitteinen kasvatus onnistuu turvemailla hyvin.
 - Maaperän kosteus sekä rahkasammalen esiintyminen edesauttavat taimettumista.
 - Julkaisemattomien tutkimusten perusteella vaikuttaa siltä, että poimintahakkuu on tehtävä riittävän voimakkaana (pohjapinta-alaan 13–9 m²), jotta taimia syntyy riittävästi (Valkonen ym. 2022).
- Pienaukoissa on usein järkevää hyödyntää valmista alikasvosta, jolloin pintakasvillisuuden aiheuttamat ongelmat jäävät vähäisemmiksi (Valkonen ym. 2022).
 - Maanmuokkaus ei edistä taimettumista, koska sen myötä alikasvosta tuhoutuu ja paljastuneen turvepinnan valtaa rehevä pintakasvillisuus, jolle kuusen taimi ei pärjää kilpailussa (Valkonen ym. 2022).
- Suojuspuuhakkuu on myös vaihtoehto kuusen kasvattamiselle turvemailla, varsinkin muutettaessa metsää tasaikäisestä eri-ikäiseksi. Parhaiten uudistuminen onnistuu mustikka- ja ruohoturvekankailla (Valkonen ym. 2022).
 - Tutkimuksissa kolmen vuoden kuluttua hakkuusta, taimia oli syntynyt 11 000–26 000 kpl/ha (Holgén ja Hånell 2000; Hökkä ym. 2011).
 - Taimiaineksen kasvun kannalta paras suojuspuutiheys on 80–160 runkoa/ha (Valkonen ym. 2022).

Vaikutukset metsän uudistumiseen: mänty kangasmailla

- Ylispuukasvatus on männylle hyvin soveltuva jatkuvapeitteinen kasvatusmenetelmä (Valkonen ym. 2022).
 - Uudistaminen tapahtuu kuten siemenpuuhakkuussa, eli jättämällä 50–100 hyvälaatuista valtapuuta siemenpuiksi.
 - Maanmuokkaus on yleensä tarpeen, paitsi karuimmilla paikoilla tai jos kasvatuskelpoista alikasvosta on jo valmiiksi runsaasti.
- Myös pienaukkohakkuu sopii männyn jatkuvaan kasvatukseen, mutta mänty vaatii kuusta isomman pienaukon taimettuakseen (Valkonen ym. 2022).
 - Pohjois-Suomessa tehtyjen tutkimusten pohjalta tiedetään, että halkaisijaltaan 40–80 metrin aukot (0,2–0,6 ha) taimettuvat hyvin männylle, 20 metrin halkaisijalla reunametsä alkaa rajoittaa taimien kasvua (Hallikainen ym. 2020).
 - On huomioitava, että metsälain mukainen raja pienaukon koolle on 0,3 ha ja sitä suurempia aukkoja koskee uudistamisvelvoite.
 - Kevyt maanmuokkaus edesauttaa taimettumisen tasaisuutta.
 - Pohjois-Suomessa tehdyissä tutkimuksissa maanpinnasta noin 10–20 %:n käsittely laikuttamalla on osoittautunut riittäväksi (Hallikainen ym. 2020).

Vaikutukset metsän uudistumiseen: mänty turvemailla

- Männyn kasvattamisesta turvemailla pienaukoissa on kokemuksia vasta muutamilta kaistalehakkuun koealueilta (Valkonen ym. 2022).
 - Alustavasti vaikuttaa siltä, että suurin ongelma näillä alueilla on taimettumisen epätasaisuus.
 - Turvemaapinnan rikkominen kevyesti muokkauslaitteella voisi edistää taimettumisen tasaisuutta (Valkonen ym. 2022).
- Kangasmailla käytetty ylispuukasvatus ei sovellu turvemaille kovin hyvin.
- Ongelmia aiheuttaa harvan siemenpuuston haihdutuksen riittämättömyys, joka johtaa vedenpinnan nousuun (Valkonen ym. 2022).
 - Myös hieskoivuvesakot ovat haitaksi männyn luontaiselle uudistumiselle.

Vaikutukset metsän uudistumiseen: lehtipuut

- Puhdasta koivikkoa tai koivupainotteista sekametsää voidaan kasvattaa suojuspuumenetelmällä, mutta silloin suojuspuuston täytyy olla riittävän harva, jotta tarpeeksi valoa pääsee alempiin puustokerroksiin (Hynynen ym. 2010; Nilsson ym. 2002).
 - Koivulle sopiva suojuspuuston tiheys on noin 20–40 runkoa hehtaarilla (Hynynen ym. 2010).
 - Tällöin valoa pääsee tarpeeksi alempien kerroksien puille, mutta suojuspuuta on kuitenkin riittävästi siementämään, jotta uutta taimiainesta syntyy.
- Muitakin lehtipuita voidaan kasvattaa eri-ikäissekametsissä tai suojuspuumenetelmällä, mutta käytännössä kaikki lajit vaativat runsaasti valoa.
 - Ylempi jakso täytyy pitää riittävänä harvana, jopa harvempana kuin koivikoissa.
 - Sopivissa olosuhteissa lähes kaikki lehtipuut voidaan saada kasvamaan eri-ikäismetsässä: koivu, haapa, pajut, vaahtera ja tammi (Valkonen ym. 2022).

Viitekirjallisuus: metsän uudistaminen

- Downey M, Heikkinen J, Valkonen S (2018) Natural tree regeneration and vegetation dynamics across harvest gaps in Norway spruce dominated forests in Southern Finland. *Can J Forest Res* 48: 524–534. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2017-0358>
- Hallikainen V, Hökkä H, Hyppönen M, Rautio P, Valkonen S (2020) Männyn luontainen uudistuminen pienaukkohakkuun jälkeen Lapissa. *Acta Lapponica Fenniae* 29: 10–22. http://www.lapintutkimusseura.fi/files/LTS_Acta29_verkko.pdf. Viitattu 4.7.2022.
- Holgén P, Hånell B (2000) Performance of planted and naturally regenerated seedlings in *Picea abies*-dominated shelterwood stands and clearcuts in Sweden. *Forest Ecology and Management*, 127: 129–138. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(99\)00125-5](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(99)00125-5)
- Hynynen J, Niemistö P, Viherä-Aarnio A, Brunner A, Hein S, Velling P (2010) Silviculture of birch (*Betula pendula* Roth and *Betula pubescens* Ehrh.) in northern Europe. *Forestry: An International Journal of Forest Research* 83(1), 103–119. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpp035>
- Hökkä H, Repola J (2018). Pienaukkohakkuun uudistumistulos Pohjois-Suomen korpikuusikossa 10 vuoden kuluttua hakkuusta. *Metsätieteen aikakauskirja* 2018-7808. Tutkimusartikkeli. 17 s. <https://doi.org/10.14214/ma.7808>
- Hökkä H, Repola J, Moilanen M, Saarinen M (2011) Seedling survival and establishment in small canopy openings in drained spruce mires in northern Finland. *Silva Fennica* 45(4): 633–645. <http://dx.doi.org/10.14214/sf.97>
- Saksa T, Valkonen S (2011) Dynamics of seedling establishment and survival in uneven-aged boreal forests. *Forest Ecology and Management* 261(8): 1409–1414. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.01.026>
- Valkonen S (2019) Pienaukkojen ja osittaihakkuuaukkojen taimettuminen Häiriödynamiikka -hankkeen tutkimusalueilla. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 69/2019. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 19 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-837-1>
- Valkonen S, Rautio P, Hökkä H, Saarinen M (2022) Metsän uudistuminen. Julkaisussa: Routa J, Huuskonen S (toim.) *Jatkuvapeitteinen metsänkasvatus : Synteesiraportti*. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 40/2022. Luonnonvarakeskus, Helsinki, s. 19–34. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-427-2>
- Valkonen S, Siitonen J (2016) Tree regeneration in patch cutting in Norway spruce stands in northern Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research* 31: 271–278. <http://dx.doi.org/10.1080/02827581.2015.1099726>

Vaikutukset metsätuhoihin

Tutkimuksen tila:

- Jatkuvapeitteisten metsien abioottisia tuhoja on tutkittu toistaiseksi sangen vähän (esim. Hanewinkel ym. 2014; Pukkala ym. 2016).
- Juurikäävästä jatkuvan kasvatuksen metsissä on muutamia tutkimuksia (esim. Piri ym. 1990; Piri ja Valkonen 2013).
- Muista metsätaudeista tai hyönteistuhhoista nimenomaan jatkuvan kasvatuksen metsissä ei käytännössä ole tutkimustietoa.
- Tutkimustietoa hirvieläintuhoista jatkuvan kasvatuksen metsissä on hyvin vähän (esim. Komonen ym. 2020).

Tutkimustiedon puutteet ja epävarmuudet:

- Abioottiset tuhot sekä hyönteis- ja hirvieläintuhot eri jatkuvan kasvatuksen menetelmissä.
- Muut taudit kuin juurikääpä.
- Tuhojen esiintyminen jatkuvan kasvatuksen metsissä pitkällä aikavälillä.

Olettamuksia:

- Jatkuvan kasvatuksen metsissä tehtyjen tutkimusten puuttuessa metsätuhovaikutuksia on monessa tapauksessa arvioitu metsätuhoista tiedetyn yleisen tiedon ja jaksollisen kasvatuksen metsistä saadun tutkimustiedon pohjalta.

Vaikutukset metsätuhoihin: abioottiset tuhot

- Jatkuvapeitteisten metsien tuuli ja lumituhoriski vaikuttaa olevan metsikön rakenteen ansiosta pienempi kuin tasaikäismetsiköiden (Hanewinkel ym. 2014; Pukkala ym. 2016).
 - Toisaalta tuuli- ja lumituhoriski on suurimmillaan harvennuksien jälkeen, joihin verrattavia hakkuita on jatkuvan kasvatuksen metsissä tiuhempaan.
- Tuulituhoihin vaikuttaa myös metsien rakenne maisematasolla (Hantula ym. 2022).
 - Esimerkiksi päätehakkuu poimintahakkuin käsitellyn metsän vieressä johtaa tuulituhoriskin kasvuun poimintahakkuumetsässä.

Vaikutukset metsätuhoihin: juurikäpä

- Suurin jatkuvapeitteisen metsänkasvatuksen metsätuhoriski liittyy juurikäpään.
- Jatkuvapeitteistä metsää ei kannattaisi käytännössä koskaan perustaa, jos paikalla on jo juurikäpää (Hantula ym. 2022).
 - Tartunnan saaneella paikalla puulajin vaihtaminen juurikäpää kestävään puulajiin yhden puusukupolven ajaksi puhdistaa kasvupaikan.
- Juurikäpäriskiä jatkuvapeitteisessä metsässä kasvattaa metsän uudistuminen alikasvoksesta poimintahakkuissa.
 - Juurikäpä leviää helposti alikasvokseen, sitä kautta kasvatettaviin puihin ja on lisäksi hyvin pitkäikäinen tartunnan saaneessa juuristossa (Piri ja Valkonen 2013).
 - Etenkin tiheiden taimikoiden juuristot toimivat tehokkaina leviämisreitinä.
- Poimintahakkuumetsään iskevä juurikäpä on lähes mahdotonta torjua, koska puulajin vaihtaminen ei ole mahdollista. Pienialaisia juurikäpäpesäkkeitä voidaan koittaa torjua tekemällä niiden kohdalle pienaukkoja, joista juurikävälle alttiit puulajit pidetään poissa aukkojen uudistuttua (Hantula ym. 2022).

Vaikutukset metsätuhoihin: muut taudit

- Muiden tautien, kuin juurikäävän, tautiriskistä jatkuvan kasvatuksen metsissä voidaan esittää olettamuksia yleisen tiedon perusteella, mutta varsinaista tutkimustietoa ei ole (Hantula ym. 2022).
- Versosurman esiintymiseen vaikuttaa etenkin maantieteellinen sijainti, edeltävien kesien sääolot, metsänhoidon laatu sekä puuston alkuperä, joten oletettavasti versosurmariski ei poikkea jatkuvan kasvatuksen metsissä tasaikäismetsistä (Thomsen 2009; Hantula ym. 2022).
- Tervasroso tarttuu puihin väli-isäntänä toimivien kasvien kautta, jotka saattavat hyötyä jatkuvapeitteisten metsien, etenkin männiköiden, valoisuudesta ja siten yleistyä jatkuvan kasvatuksen metsissä, jolloin myös tervasroso yleistyisi (Hantula ym. 2022).
 - Tämä on kuitenkin yleiseen tietoon perustuva hypoteesi, tutkittua tietoa aiheesta ei ole.

Vaikutukset metsätuhoihin: hyönteistuhot

- Yleisen metsien hyönteistuhoihin liittyvän tiedon nojalla käsitys on, että jatkuvan kasvatuksen metsissä hyönteistuhoriski on pienempi kuin jaksollisen kasvatuksen metsissä (Nevalainen 2017).
- Perusteet väitteelle ovat seuraavia:
 - Kirjanpainaja, ja muut puihin iskeytyvät hyönteiset, eivät tapa mitä tahansa puita, vaan niille sopivimpia ovat melko järeät valmiiksi heikentyneet kuuset (Nevalainen 2017).
 - Jatkuvan kasvatuksen metsissä kirjanpainajalle sopivia puita on vähemmän ja ne ovat harvassa toisiinsa nähden, joten laajamittaiset hyönteistuhot ovat epätodennäköisempiä (Hantula ym. 2022).

Vaikutukset metsätuhoihin: hirvieläintuhot

- Kuusivaltaisissa eri-ikäismetsissä tehtyjen vertailujen perusteella on havaittu, että mitä harvemmaksi puusto hakataan, sitä enemmän hirvieläimet syövät syntynyttä lehtipuustoa (Komonen ym. 2020).
 - Lehtipuiden syöminen voi estää eri-ikäisrakenteisessa metsänhoidossa mahdollisesti tavoitellun sekametsäisyyden sekä biodiversiteettihyödyn saavuttamisen.
- Pienaukkojen hirvieläintuhooriskejä voidaan arvioida ainakin männyn suhteen tasaikäismetsissä tehtyjen tutkimusten pohjalta (Hantula ym. 2020).
 - Hirvituhoriski on suurempi, jos uudistusalan koko on alle puoli hehtaaria, joten hirvituhoalueilla pienaukkojen kannattaa olla suuremmasta päästä (Díaz-Yáñez ym. 2017).

Viitekirjallisuus: metsätuhot

- Díaz-Yáñez O, Mola-Yudego B, González-Olabarria J.R (2017) What variables make a forest stand vulnerable to browsing damage occurrence? *Silva Fennica* 51(2): 1693. 11 s. <https://doi.org/10.14214/sf.1693>
- Hanewinkel M, Kuhn T, Bugmann H, Lanz A, Brang P (2014) Vulnerability of uneven-aged forests to storm damage. *Forestry* 87(4): 525-534. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpu008>
- Hantula J, Honkaniemi J, Koivula M, Matala J, Siitonen J (2022) Metsätuhot. Julkaisussa: Routa J, Huuskonen S (toim.) Jatkuvaiteinen metsänkasvatus : Synteesiraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 40/2022. Luonnonvarakeskus, Helsinki, s. 63–74. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-427-2>
- Komonen A, Paananen E, Elo M, Valkonen S (2020) Browsing hinders the regeneration of broadleaved trees in uneven-aged forest management in southern Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research* 35(3-4): 134–138. <https://doi.org/10.1080/02827581.2020.1761443>
- Nevalainen S (2017) Comparison of damage risks in even- and uneven-aged forestry in Finland. *Silva Fennica* 51: 1741. <https://doi.org/10.14214/sf.1741>
- Piri T, Valkonen S (2013) Incidence and spread of *Heterobasidion* root rot in uneven-aged Norway spruce stands. *Canadian Journal of Forest Research* 43: 872–877. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2013-0052>
- Pukkala T, Laiho O, Lähde E (2016) Continuous cover forestry reduces wind damage. *Forest Ecology and Management* 372: 120–127. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.04.014>
- Thomsen I.M (2009) Precipitation and temperature as factors in *Gremmeniella abietina* epidemics. *Forest Pathology* 39: 56–72. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0329.2008.00561.x>

Vaikutukset puuntuotantoon ja tuotokseen

Tutkimuksen tila:

- Puuntuotoksesta on tutkimustietoa lähinnä poimintahakatuista eri-ikäisistä kivennäismaiden kuusikoista.
 - Tutkimukset on tehty Etelä- ja Keski-Suomessa sekä Ruotsissa ja Norjassa (esim. Hynynen ym. 2019; Lähde ym. 2002).
 - Aiheesta on tehty myös mallinnustutkimuksia (esim. Shanin ym. 2016).
- Muista jatkuvan kasvatuksen menetelmistä kivennäismailla sekä turvemailla on aloitettu tutkimuksia viime vuosina, mutta tuloksia ei ole vielä tieteellisesti raportoitu.
- Kaikkiaan kasvu- ja tuotostutkimuksia on tehty vähän ja tulokset ovat huonosti yleistettävissä.

Tutkimustiedon puutteet ja epävarmuudet:

- Pitkän aikavälin puuntuotanto- ja tuotostulokset kaikilla jatkuvan kasvatuksen kasvatusmenetelmillä.
- Lyhyellä aikavälillä:
 - Kivennäismaiden eri-ikäiskuusikoissa Keski-Suomea pohjoisempana ja männiköissä sekä sekametsissä kaikilla alueilla.
 - Turvemailla kaikki puulaji-kasvupaikkayhdistelmät koko valtakunnan alueella.

Vaikutukset puuntuotantoon ja tuotokseen: saavuttamatta jäävä hyöty

- Jatkuvapeitteisen metsänkasvatuksen menetelmissä puuntuotantoon olennaisesti vaikuttava tekijä on jalostushyödyn menettäminen, kun metsää uudistetaan pääosin luontaisesti (Hynynen ym. 2022).
 - Jalostuksesta saatava kasvuhyöty on arvioiden mukaan kuusella pituuskasvussa 8 %, läpimitassa 9 % ja tilavuuskasvussa 20 % (Kärkkäinen ym. 2022).
 - Nämä tulokset ovat ensimmäisen sukupolven siemenviljelyssiemenistä, 1,5 sukupolvella hyödyt nousevat vielä suuremmiksi (Kärkkäinen ym. 2022).
 - Männyllä 1,5 sukupolven kasvuhyödyksi on arvioitu yli 20 % lisäys keskimääräiseen kasvuun ja (Etelä-Suomessa) noin 15–20 vuoden lyhennys kiertoaikaan (Ahtikoski ym. 2013).

Vaikutukset puuntuotantoon ja tuotokseen

- Poimintahakkuin käsitellyissä kuusikoissa puuston tilavuudet sekä tilavuuskasvut ovat keskimäärin pienempiä kuin tasaikäisrakenteisissa harvennuskuusikoissa (Hynynen ym. 2022).
- Tilavuuskasvussa on eroa eri- ja tasaikäismetsien välillä, vaikka puuston tilavuuksissa eroa ei olisikaan (Hynynen ym. 2022).
- Poimintahakkuin käsitellyissä eri-ikäismetsissä kasvutilaa vapautuu hakkuissa runsaastikin, mutta koska alemman kerroksen puut ovat kasvaneet varjostettuna, kestää niillä joitain vuosia ennen kuin ne vahvistuvat tarpeeksi hyödyntääkseen uuden kasvutilan (Hynynen ym. 2022).
- Tutkimusten mukaan puuston pohjapinta-alan kasvu on hakkuun jälkeisellä 5-vuotisjaksolla selkeästi alhaisempi poimintahakkuu- kuin alaharvennusmetsissä, kun hakkuun voimakkuus ja jäävän puuston määrä on samalla tasolla (Hynynen ym. 2019).
 - Harvennusmetsien puusto pystyy hyödyntämään vapautuvan kasvutilan paremmin, jolloin pohjapinta-alan kasvu on noin 20 % pienempi eri-ikäiskuusikoissa (Hynynen ym. 2019).
 - Ero eri- ja tasaikäismetsikön välillä on sitä suurempi, mitä voimakkaampana hakkuu tehdään (Hynynen ym. 2022).

Vaikutukset puuntuotantoon ja tuotokseen

- Tutkimuksissa kuusikoiden keskituotos vaihteli eri-ikäiskuusikoissa, kasvupaikasta ja puuston määrästä riippuen, 4–8 m³/ha/v välillä. Vertailukohtina olleissa tasaikäiskuusikoissa vaihteluväli oli 4,5–9,4 m³/ha/v (Hynynen ym. 2022; Laiho ym. 2011; Lähde ym. 2002; Pingoud ym. 2018; Shanin ym. 2016).
 - Esitettyjen lukujen perusteella pitkän aikavälin runkopuun tuotos on 15–25 % pienempi eri-ikäiskuusikoissa (Hynynen ym. 2022).
- Poimintahakkuin käsitellyissä eri-ikäiskuusikoissa tehdyissä seurantatutkimuksissa vuosittaiset hakkuukertymät (huom! hakkuukertymä ≠ tuotos) olivat keskimäärin 7,2 m³/ha, vaihteluvälin ollessa 5,3–13 m³/ha (Hynynen ym. 2019; Hynynen ym. 2022).
 - Samoissa tutkimuksissa hakkuukertymien tukkiprosentti oli keskimäärin 68 %, vaihteluvälin ollessa 49–87 % (Hynynen ym. 2022).

Viitekirjallisuus: puuntuotanto ja tuotos

- Ahtikoski A, Salminen H, Ojansuu R, Hynynen J, Kärkkäinen K, Haapanen M (2013) Optimizing stand management involving the effect of genetic gain: preliminary results for Scots pine in Finland. Canadian Journal of Forest Research, 43(3): 299–305. <https://doi.org/10.1139/CJFR-2012-0393>
- 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 Ecol Manag 437: 314–323 <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.12.032>
- Hynynen J, Salminen H, Hökkä H (2022) Puuntuotanto ja tuotos. Julkaisussa: Routa J, Huuskonen S (toim.) Jatkuvaiteinen metsänkasvatus : Synteesiraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 40/2022. Luonnonvarakeskus, Helsinki, s. 42–51. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-427-2>
- Kärkkäinen K, Kujala S, Hoikkala L, Mäkinen H, Valkonen S (2022) Geneettiset vaikutukset. Julkaisussa: Routa J, Huuskonen S (toim.) Jatkuvaiteinen metsänkasvatus : Synteesiraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 40/2022. Luonnonvarakeskus, Helsinki, s. 35–41. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-427-2>
- 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>
- 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>
- 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>
- 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>

Puuntuotannon laatuvaikutukset

Tutkimuksen tila:

- Jatkuvapeitteisen metsänkasvatuksen vaikutuksista puun laatuun on vain muutamia tutkimuksia.
 - Tutkimukset ovat männyn ylispuukasvatuksen sekä eri-ikäiskuusikoiden laatuominaisuuksista (Esim. Piispanen ym. 2013; Valkonen 2022).

Tutkimustiedon puutteet ja epävarmuudet:

- Vaikutukset laatuun eri alueilla sekä eri puulaji-kasvupaikkayhdistelmillä.
- Pitkäaikaisen jatkuvan kasvatuksen vaikutukset puuntuotannon laatuun.

Puuntuotannon laatuvaikutukset

- Eri-ikäiskasvatuksen taimivaiheen ja nuoren metsän hidas kasvu vaikuttaa puun ytimeen muodostuvaan nuorpuuhun (Piispanen ym. 2013).
 - Eri-ikäismetsän puissa vuosirenkaat ovat nuorpuussa hyvin tiheässä, jolloin myös puuaineen tiheys on korkea (Piispanen ym. 2013).
- Eri-ikäismetsissä nuorpuun tiheys on korkeampi kuin muun puuaineen, kun tasaikäismetsissä asia on juuri päinvastoin (Piispanen ym. 2013).
 - Tasaikäismetsässä tämä johtuu taimien nopeasta kasvusta.
 - Kuitenkin sekä eri- että tasaikäismetsissä puuaineen tiheys pienenee vuosirenkaiden leveyden kasvaessa.
- Eri-ikäismetsien puuaines on keskimäärin tiheydeltään hiukan matalampaa kuin tasaikäisrakenteisten. Lisäksi eri-ikäismetsien puissa tiheyksien vaihtelu voi olla suurta, kun tasaikäismetsien puissa tiheys on sangen yhtenevä sekä puiden välillä että puuaineessa (Piispanen ym. 2013).
- Jatkuvan kasvatuksen menetelmistä tiedetään, että männyn ylispuukasvatuksella voidaan tuottaa laadullisesti hyvää puuta (Valkonen 2022).
 - Puuston kasvaessa tiheässä mäntyjen oksat jäävät pieniksi ja ne karsiutuvat tehokkaasti, jolloin nimenomaan ylispuuston puuaineksesta tulee laadukasta.

Viitekirjallisuus: puuntuotannon laatuvaikutukset

- Piispanen R, Heinonen J, Valkonen S, Mäkinen H, Lundqvist S-O, Saranpää P (2013) Wood density of Norway spruce in uneven-aged stands. Canadian Journal of Forest Research. 44(2): 136–144. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2013-0201>
- Valkonen S (2022) Jatkovapeitteinen kasvatus – mitä se on?. Julkaisussa: Routa J, Huuskonen S (toim.) Jatkovapeitteinen metsänkasvatus : Synteesiraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 40/2022. Luonnonvarakeskus, Helsinki: 9–18. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-427-2>

Vaikutukset taloudelliseen tuottoon

Tutkimuksen tila:

- Jatkuvapeitteisen metsänkasvatuksen taloudellista kannattavuutta on tutkittu sekä vertailtu jaksolliseen kasvatukseen useissa tutkimuksissa viimeisen 10 vuoden aikana (esim. Assmuth ym. 2018; Juutinen ym. 2018; Parkatti ja Tahvonen 2020; Rämö ja Tahvonen 2014; Tahvonen ym. 2010).
 - Tutkimuksissa on tarkasteltu muun muassa jatkuvan kasvatuksen taloustuloksia metsikkötasolla sekä taloudellisesti optimaalisinta keinoa muuttaa jaksollinen metsä jatkuvapeitteiseksi.
 - Käytännössä kaikkien tutkimusten tulokset perustuvat mallilaskelmiin, joissa puuston kehitys ja kasvu on mallinnettu simuloimalla.
 - Pääosa tutkimuksista käsittelee kivennäismaiden kuusikoita.
 - Turvemaita on tutkittu toistaiseksi vain yhdessä tutkimuksessa (Juutinen ym. 2021).

Tutkimustiedon puutteet ja epävarmuudet:

- Luontaiseen uudistumiseen, isojen puiden kasvunopeuteen, korjuukustannuksiin sekä metsätuhoriskeihin liittyy tekijöitä, joita ei ole otettu huomioon yksityiskohtaisesti taloustarkasteluissa ja siksi tuloksiin liittyy epävarmuuksia.
- Jatkuvan kasvatuksen kehitys- ja kasvudynamiikka tunnetaan vielä huonosti, joten pitkän aikavälin kasvu- ja tuotosvaikutuksia on vaikea arvioida luotettavasti.
- Jatkuvapeitteisen kasvatuksen tutkimuksia on kritisoitu siitä, että mallien lähtötiedoissa on puutteita tai ne eivät huomioi jatkuvapeitteiseen kasvatukseen liittyviä muuttujia tarpeeksi hyvin.



Vaikutukset taloudelliseen tuottoon: tutkimustuloksiin liittyviä epävarmuuksia

- Jatkuvapeitteisessä metsänkasvatuksessa oleellisia piirteitä taloudellisen tuoton kannalta:
 - Hakkuiden välinen ajanjakso suhteellisen lyhyt, mutta hakkuiden kertymät ovat usein pienempiä kuin jaksollisessa kasvatuksessa.
 - Metsikön uudistamisesta ei käytännössä synny kustannuksia, mutta luonnontaimien kasvu on hitaampaa kuin jalostetuilla viljelytaimilla.
- Jatkuvan ja jaksollisen kasvatuksen taloudellinen paremmuus riippuu paljon puulajista, kasvupaikasta, maantieteellisestä sijainnista sekä siitä, millaisessa tilanteessa metsikkö on kun taloustarkastelu aloitetaan (Ahtikoski ym. 2022).
- Ennustemalleista ja simulaattoreista monet perustuvat tasaikäsrakenteisista metsistä saatuun lähtötietoon. Tämän vuoksi on esitetty epäilyjä niiden soveltuvuudesta eri-ikäsrakenteisen puuston mallintamiseen (Hietala ym. 2014; Kangas ja Kangas 1999; Mehtätalo ym. 2022).
 - **Kasvumallit:** Haasteena erityisesti eri-ikäismetsille tyypillinen puiden ryhmittäisyys sekä hakkuiden jälkeinen kasvureaktio, joka on eri-ikäismetsissä selvästi tasaikäistä pienempi (Hynynen ym. 2013, 2019).
 - **Uudistuminen:** Epävarmuuksia on esimerkiksi siemenpuiden kuntoon ja kokoon sekä siemenvuosien vaihteluun liittyen. Myös taimien kuolleisuus ja taimettumisen epätasaisuus voivat olla isoja ongelmia, mutta mallinuksissa näitä on vaikea huomioida (Eerikäinen ym. 2007; Hietala ym. 2014; Mehtätalo ym. 2022).
 - **Puun hinta:** Useissa tapauksissa puutavaralajien tienvarsihinnat on esitetty samoiksi eri- ja tasaikäiselle metsälle. Hinnat on usein myös määritetty kiinteästi, jolloin esim. eri-ikäismetsän vähäisempi kuitupuun saanto ei vaikuta sen hintaan (Hietala ym. 2014).
 - **Korjuukustannukset:** Paimintahakkuun korjuukustannukset ovat pienemmän tuottavuuden takia avohakkuuta korkeammat, mutta osassa tutkimuksista paimintahakkuiden korjuukustannukset on laskettu tasaikäismetsistä saaduilla kustannuksilla tai oletettu suoraan saman suuruisiksi (Hietala ym. 2014; Nuutinen ja Muhonen 2022).
 - **Tuhoriskit:** Eri-ikäismetsissä on tasaikäismetsiä korkeampi biologisten tuhojen riski, erityisesti juurikäävän, mutta esimerkiksi tuulituhoriski on pienempi. Tuhoriskit ovat kuitenkin jääneet taloustutkimuksissa pääosin pienelle huomiolle, vaikka niillä voi olla huomattava merkitys taloudellista tuottoa ajatellen (Hietala ym. 2014; Hanewinkel ym. 2014; Hantula ym. 2022).

Vaikutukset taloudelliseen tuottoon

- Aloitettaessa tarkastelu paljaalta maalta, kuusikot sekä kuusisekametsät (lehtipuuosuus <40 %) ovat kannattavampia kasvattaa jatkuvapeitteisenä kuin jaksollisena (Parkatti ja Tahvonen 2020).
 - Tämä pätee ainakin eteläisessä sekä keskisessä Suomessa, tuottovaateen ollessa vähintään 3 %.
- Männiköissä (aloitettaessa paljaalta maalta) puolestaan tilanteeseen vaikuttavat uudistamiskustannukset; jos ne jäävät alle 1 000 €/ha, on jaksollinen kasvatus kannattavampaa (Ahtikoski ym. 2022).

Vaikutukset taloudelliseen tuottoon

- Jos lähtötilanne on tasaikäinen nuori kuusimetsä, tulee jatkuvapeitteinen kasvatus kannattavammaksi eteläisessä Suomessa tuoreilla kankailla (Ahtikoski ym. 2022; Parkatti ja Tahvonen 2020).
- Päätehakkuukypsissä kuusikoissa jatkuva kasvatus on lähes poikkeuksetta jaksollista kasvatusta kannattavampi vaihtoehto (Juutinen ym. 2018; Tahvonen ym. 2010).
 - Tämä pätee tuoreilla ja lehtomaisilla kankailla, laskentakoron ollessa 3 % tai enemmän.
- Metsikön alkuutilaa suurempi vaikutus taloustulokseen on alkuutilanteen puustorakenteella; mitä enemmän puustorakenne muistuttaa erikikäisrakennetta, sitä kannattavammaksi jatkuva kasvatus tulee verrattaessa päätehakkuuseen ja viljelyyn (Ahtikoski ym. 2022).

Viitekirjallisuus: taloudellinen tuotto

- Ahtikoski A, Repola J, Viitala E-J (2022) Talous. Julkaisussa: Routa J, Huuskonen S (toim.) Jatkuvaiteinen metsänkasvatus : Synteesiraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 40/2022. Luonnonvarakeskus, Helsinki, s. 97–106. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-427-2>
- Assmuth A, Ramo J, Tahvonen O (2018) Economics of size-structured forestry with carbon storage. Canadian Journal of Forest Research, vol. 48, no.1, pp. 11-22. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2017-0111>
- 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(2–3): 444–461. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.01.078>
- Hietala J, Kosenius A-K, Rämö A-K, Horne P (2014) Metsätalouden taloudellinen tulos eri kasvatustavoissa. PTT työpapereita 164. 76 s. <http://www.ptt.fi/media/wp/tp164.pdf>
- 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 Ecol Manag 437: 314–323 <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.12.032>
- Hynynen J, Ojansuu R, Eerikäinen K (2013). Metsänkäsitelyvaihtoehdot – mihin nykyiset kasvu- ja tuotosmallit riittävät? Metsätieteen aikakauskirja vuosikerta 2013, numero 1, artikkeli id 6037. <https://doi.org/10.14214/ma.6037>
- Juutinen A, Ahtikoski A, Mäkipää R, Shanin V (2018) Effect of harvest interval and intensity on the profitability of uneven-aged management of Norway spruce stands. Forestry: An International Journal of Forest Research 91: 589–602. <https://doi.org/10.14214/ma.10313>
- Juutinen A, Shanin V, Ahtikoski A, Rämö J, Mäkipää R, Laiho R, Sarkkola S, Lauren A, Penttilä T, Hökkä H, Saarinen M (2021) Profitability of continuous cover forestry in Norway spruce-dominated peatland forest and the role of water table. Canadian Journal of Forest Research 51(6): 859–870. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2020-0305>
- Kangas A, Kangas J (1999) Optimization bias in forest management planning solutions due to errors in forest variables. Silva Fennica vol. 33 no. 4 article id 651. <https://doi.org/10.14214/sf.651>
- Mehtätalo L, Siipilehto J, Kangas A (2022) Metsäsuunnittelun menetelmät. Julkaisussa: Routa J, Huuskonen S (toim.) Jatkuvaiteinen metsänkasvatus : Synteesiraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 40/2022. Luonnonvarakeskus, Helsinki, s. 107–116. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-427-2>
- Nuutinen Y, Muhonen T (2022) Puunkorjuu. Julkaisussa: Routa J, Huuskonen S (toim.) Jatkuvaiteinen metsänkasvatus : Synteesiraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 40/2022. Luonnonvarakeskus, Helsinki, s. 52–62. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-427-2>
- Parkatti V-P, Tahvonen O (2020) Optimizing continuous cover and rotation forestry in mixed-species boreal forests. Canadian Journal of Forest Research 50: 1138–1151. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2020-0056>
- Rämö J, Tahvonen O (2014) Economics of harvesting uneven-aged forest stands in Fennoscandia. Scandinavian Journal of Forest Research 29: 777–792. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2017-0261>
- Tahvonen O, Pukkala T, Laiho O, Lähde E, Niinimäki S (2010) Optimal management of uneven-aged Norway spruce stands. Forest Ecol Manag 260: 106–115. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.04.006>



Yhteenveto vaikutuksista

Metsän uudistuminen

Kuusi:

- + Uudistuu luontaisesti hyvin tai melko hyvin käytännössä kaikilla jatkuvan kasvatuksen menetelmillä, sekä kangas- että turvemailla.
- Haasteita aiheuttavat taimien epätasainen sijoittuminen sekä rehevillä kasvupaikoilla pintakasvillisuuden aiheuttama kilpailu.

Mänty:

- + Uudistuu kangasmaiden ylispuu- ja pienaukkoaloilla hyvin, kunhan valoa on tarpeeksi
- Haasteena on taimien epätasainen sijoittuminen.
- ± Turvemailta männyn uudistumisesta ei ole paljoa tutkimustietoa.

Lehtipuut:

- + Uudistuminen onnistuu suojuspuumenetelmällä, mutta valoa täytyy olla runsaasti.

Metsätuhot

- + Abioottisten tuhojen riskit ovat pienemmät jatkuvan kasvatuksen metsissä.
- + Hyönteis- ja hirvieläintuhojen riskit ovat oletettavasti pienemmät jatkuvassa kasvatuksessa, mutta tutkimusta aiheista on vähän.
- Juurikääpä on huomattava riski etenkin jatkuvan kasvatuksen kuusikoille.
- ± Muiden metsätautien riski on enintään vähän suurempi jatkuvassa kasvatuksessa.

Yhteenvedo vaikutuksista

Puuntuotanto ja tuotos

- Jalostushyöty menetetään, kun metsää kasvatetaan pääosin luonnon taimista.
- Jaksolliset metsät hyödyntävät hakkuissa vapautuvan tilan tehokkaammin ja kasvun lisäys on niissä suurempi.
- Myös vuosittainen keskituotos sekä pitkän aikavälin runkopuun tuotos ovat pienempiä jatkuvassa kasvatuksessa.
- ± Kokonaisuutena kasvu- ja tuotostutkimuksia on vähän ja tulokset ovat huonosti yleistettävissä.

Puuntuotannon laatu

- ± Jatkuvassa kasvatuksessa vuosirenkaat ovat nuorpuussa hyvin tiheässä, jolloin nuorpuun tiheys on korkeampi kuin muun puuaineen. Jaksollisesti kasvatettavissa metsissä asia on päinvastoin.
- Jatkuvan kasvatuksen puuaines on keskimäärin tiheydeltään hiukan matalampaa ja lisäksi puuaineen sisäinen tiheyden vaihtelu voi olla suurta. Tutkimusta aiheesta on kuitenkin vähän.

Yhteenveto vaikutuksista

Taloudellinen tuotto

- ± Suuri vaikutus taloustulokseen on alkutilanteen puustorakenteella; mitä enemmän puustorakenne muistuttaa jatkuvaa kasvatusta, sitä kannattavammaksi jatkuva kasvatus tulee.
- + Kuusikot rehevillä kasvupaikoilla ovat usein kannattavampia kasvattaa jatkuvalla kasvatuksella.
- ± Männiköissä uudistamiskustannukset vaikuttavat kuusikoita enemmän kannattavuuteen.
- Taloustutkimukseen ja siinä käytettyihin ennustemalleihin sekä simulaattoreihin liittyy kuitenkin useita epävarmuustekijöitä ja tuloksia kohtaan on esitetty kritiikkiä.