

Hiilinielut jatkuvassa kasvatuksessa

Jari Hynynen & Sakari Sarkkola
Luonnonvarakeskus

*JATKAS – Jatkuvaa kasvatusta Pirkanmaan metsiin
Webinaari 17.3.2021*



Taustaa

Ilmakehän kohonnut hiilidioksidipitoisuus on nykykäsityksen mukaan keskeinen ilmaston lämpenemistä lisäävä tekijä. Pohjoisten ja lauhkeiden vyöhykkeiden metsät sitovat ja varastoivat huomattavan määrän hiilidioksidia, mikä on luonut uuden näkökulman metsävarojen käyttömuotoihin.

Metsien käsittelyn toivotaan

- lisäävän metsien hiilinieluna
- lisäävän uusiutuvien luonnonvarojen käyttöä ja edistävän biotaloutta

→ Ovat nämä tavoitteet yhteneväisiä vai ristiriitaisia?

Keskeisimmät metsien hiilen kiertoon liittyvät käsitteet

Hiilivarasto	Puustoon, muuhun kasvillisuuteen ja maaperään varastoituneen hiilen määrä
Hiilinielu	Kasvava hiilivarasto
Hiililähde	Pienenevä hiilivarasto
Hiilivirta	Hiilen siirtyminen varastosta toiseen
Hiilitase	Metsään varastoituneen hiilen määrän muutos aikayksikössä (vuodessa). Lasketaan vähentämällä puuston kasvusta sen kokonaispoistuma ja siten saatu tase muunnetaan hiilidioksidiksi (puumassaan sitoutunut hiili). Lisäksi laskennassa otetaan huomioon maaperään, kuolleeseen puuhun ja karikkeeseen sitoutuneen hiilen määrä. Metsän hiilitaseessa on mukana myös lannoituksen, metsäpalojen ja kulotuksen kasvihuonekaasupäästöt.

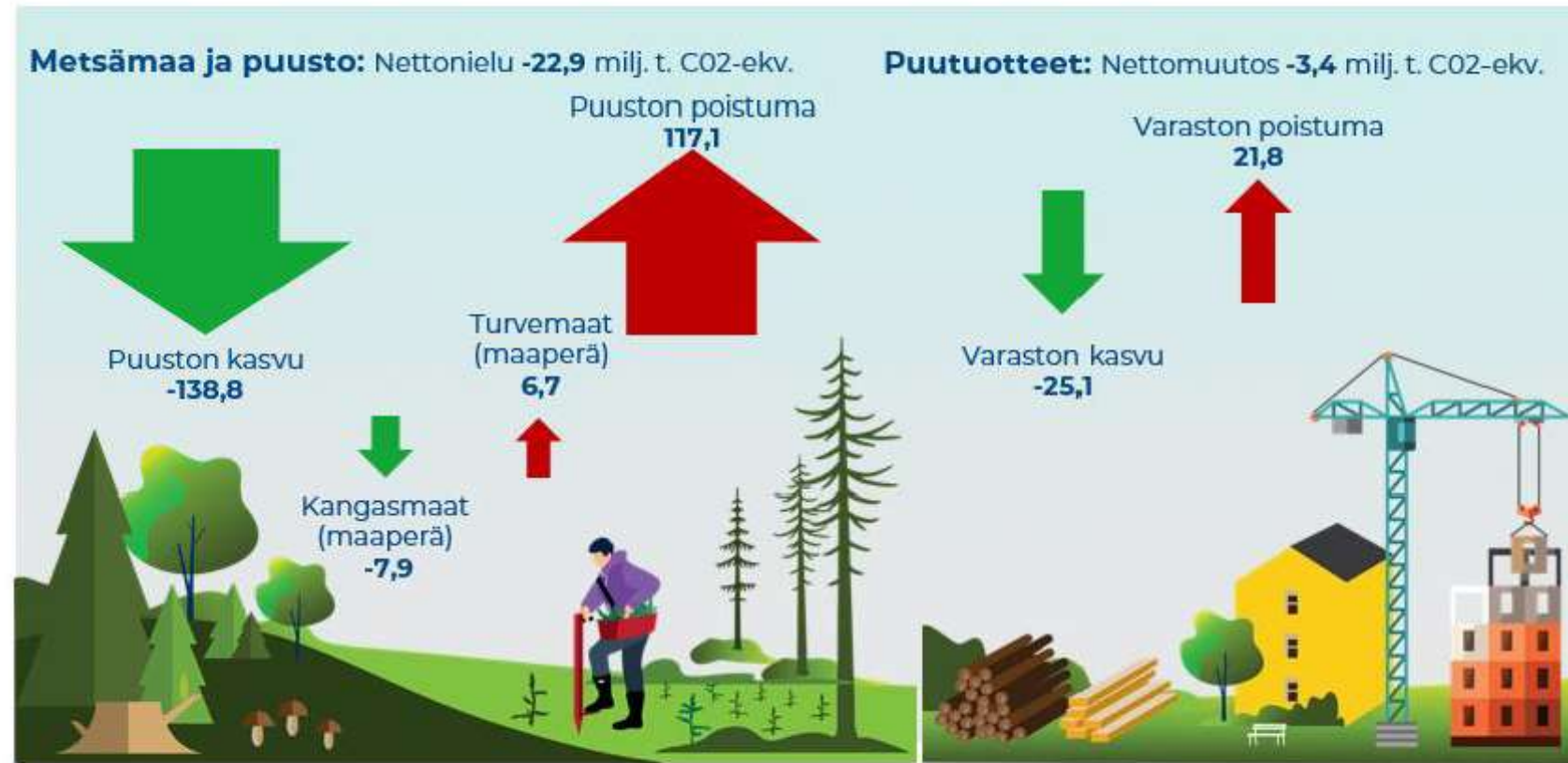
Puustoon, maaperään ja puutuotteisiin sitoutuvan hiilen määrä

<https://mmm.fi/documents/1410837/22836561/Metsien+rooli+ilmastonmuutoksen+hillinnassa.pdf/>

Vuonna 2019 metsien puusto ja maaperä sitoivat hiiltä (nettonielu) yhteensä 22,9 milj. tonnia CO₂-ekv (ennakkotieto).

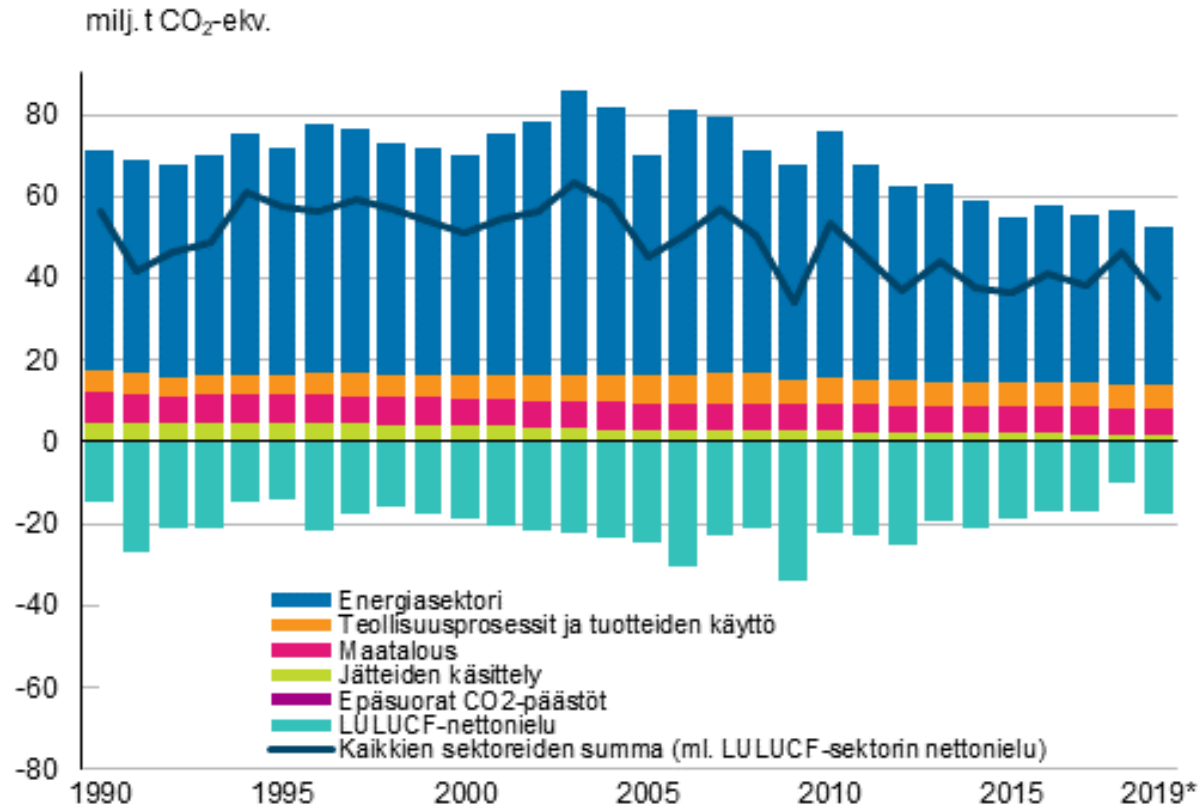
Puutuotteisiin, kuten sahatavaraan ja puulevyihin sitoutui hiiltä yhteensä 3,4 milj. tonnia CO₂-ekv (ennakkotieto).

Suomen metsien nettonielun eli ilmakehästä metsien kasvuun sitoutuvan hiilidioksidin määrä on vaihdellut vuodesta 1990 lähtien välillä 17,5–47,4 milj. tonnia CO₂-ekv.



Metsien ja puutuotteiden hiilitase (milj. t. CO₂-ekv.) 2019.
Lähde: Luke/Tilastokeskus (ennakkotieto)

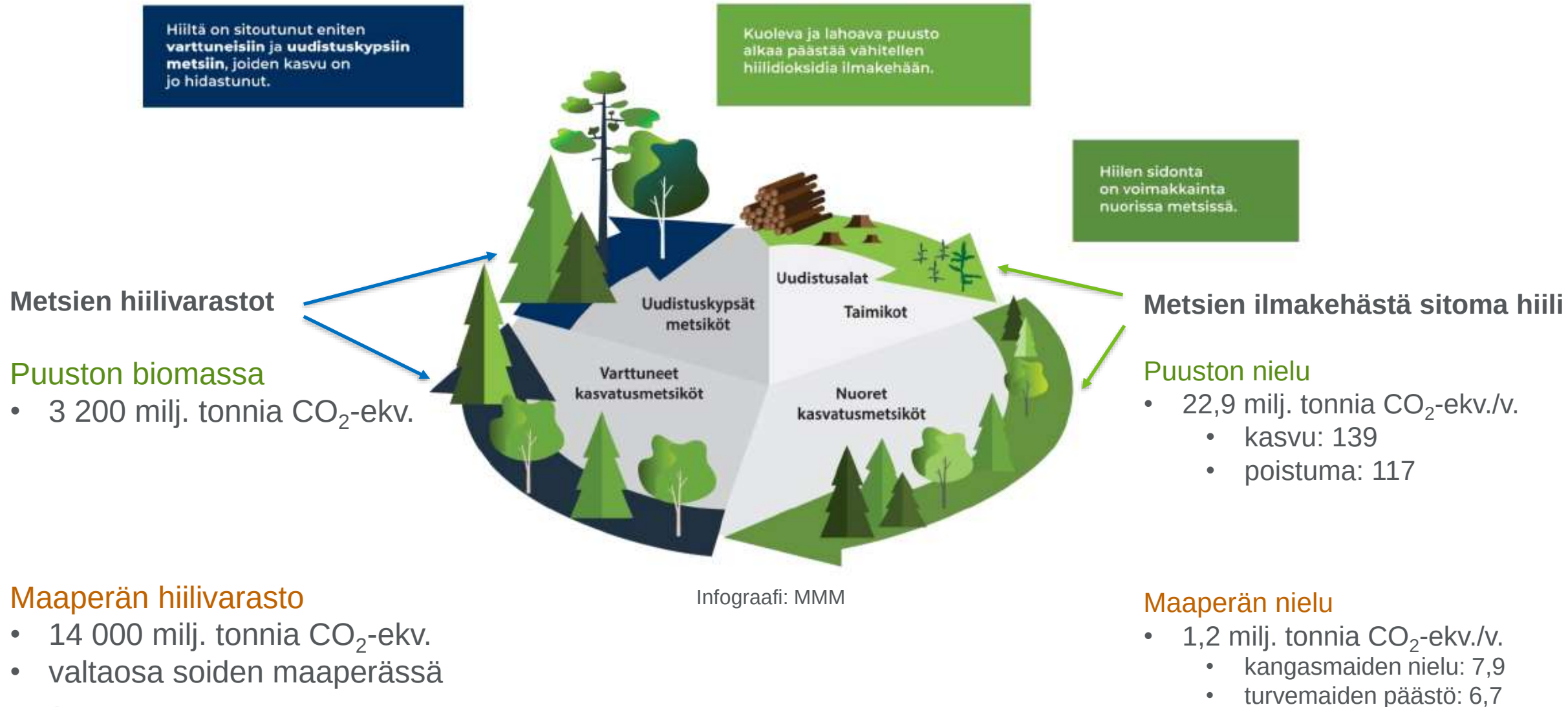
Suomen kasvihuonepäästöt ja –poistumat sektoreittain



Metsien merkitys hiilinieluna

- Suomen kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2019 olivat 57,3 milj. tonnia CO₂-ekv
 - Metsien puusto ja maaperä sitoivat hiiltä 22,9 milj. tonnia CO₂-ekv
- = 45 % Suomen kasvihuonekaasupäästöistä

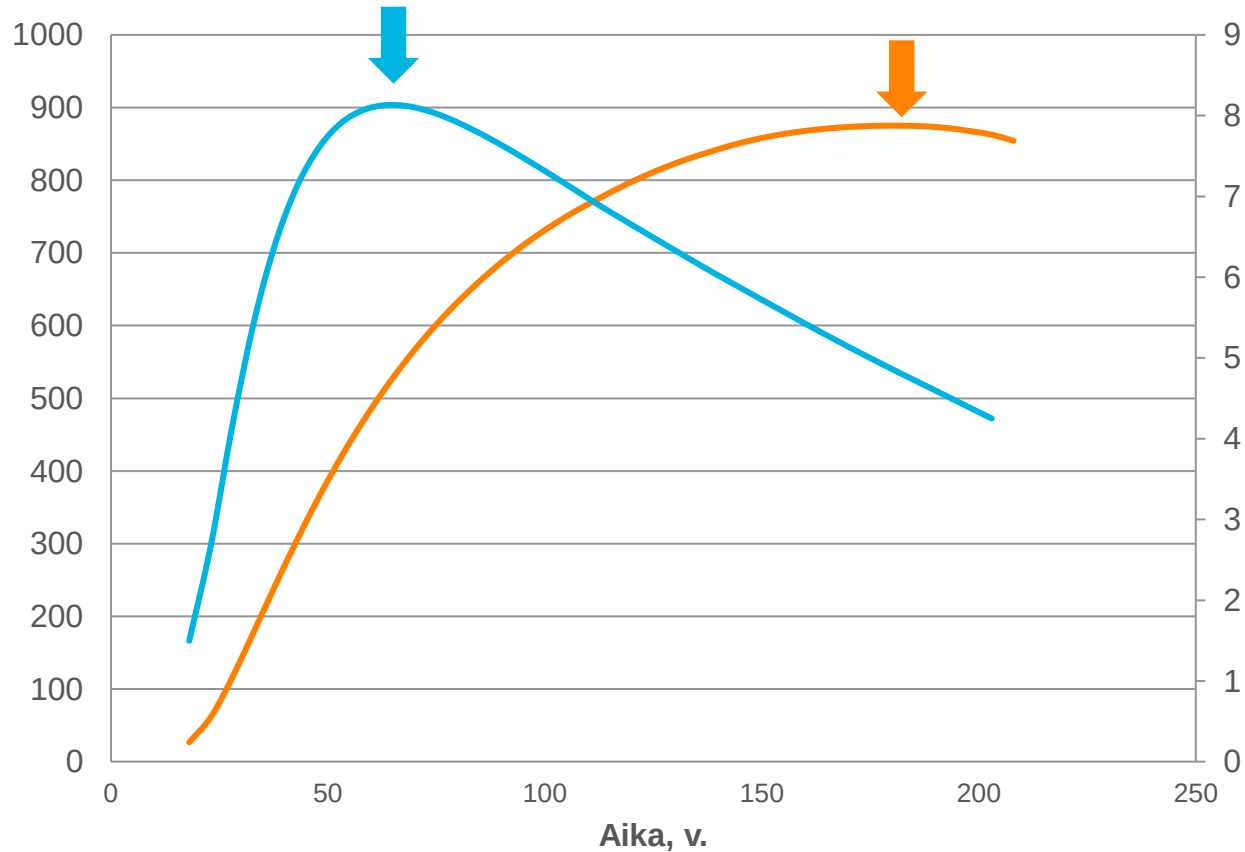
Metsien hiilivarastot ja nielut



Istutuskuusikko, tuore kangas, Myrskylä MOTTI-simulointi ilman toimenpiteitä

Tilavuus,
 m^3ha^{-1}

Tilavuuskasvu,
 $\text{m}^3\text{ha}^{-1}\text{v}^{-1}$



Hiilensidonta koostuu

Puustoon ja maahan
sitoutuneen hiilen
määrästä

ja

Puuston ja muun
kasvillisuuden kyvystä sitoa
ilmakehästä uutta hiiltä

Puuston
tilavuus

Puuston
keskikasvu

Runkopuun kasvun optimikiertoaika 65 v. , varastoinnin 180 v.

Puuston kasvatustenetelmät ja hiilensidonta

Puuston määrä ja kasvunopeus ovat ratkaisevia hiilensidonnan kannalta

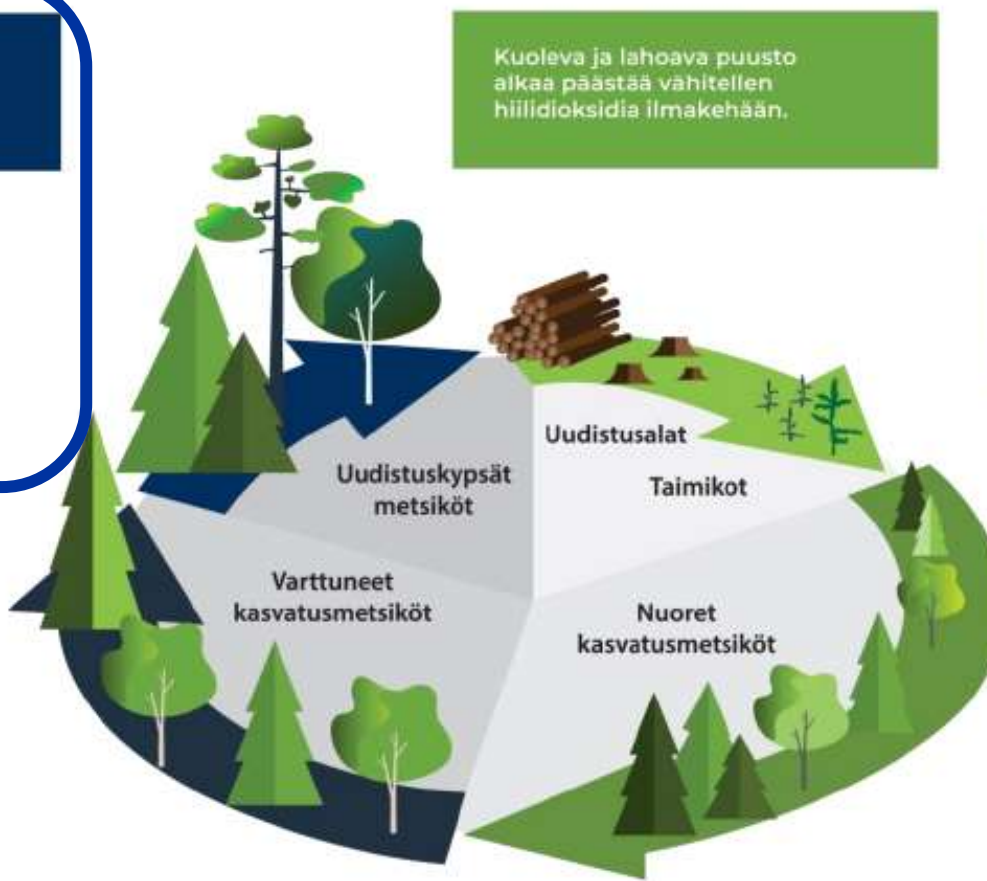
Hiiltä on sitoutunut eniten **varttuneisiin ja uudistuskypsiin metsiin**, joiden kasvu on jo hidastunut.

**Runsas puusto
=> iso hiilivarasto**

Kuoleva ja lahoava puusto alkaa päästää vähitellen hiilidioksidia ilmakehään.

Hiilen sidonta on voimakkainta **nuorissa metsissä**.

**Nopea kasvu
=> ilmakehästä sitoutuu
lisää hiiltä puustoon**



Infograafi: MMM

Missä mittakaavassa metsän käsittelyvaikutuksia kasvuun ja hiilivaraston muutoksiin tulisi tarkastella?

Alueellinen mittakaava

- metsikkö vai metsäalue, Suomi, Eurooppa, maailma?

Ajallinen aikajänne

- lyhyt (< 10 v), keskipitkä (n. 30 v.), pitkä (100 v)?

Johtopäätökset metsänkäsittelyn vaikutuksista riippuvat tarkastelutasosta!

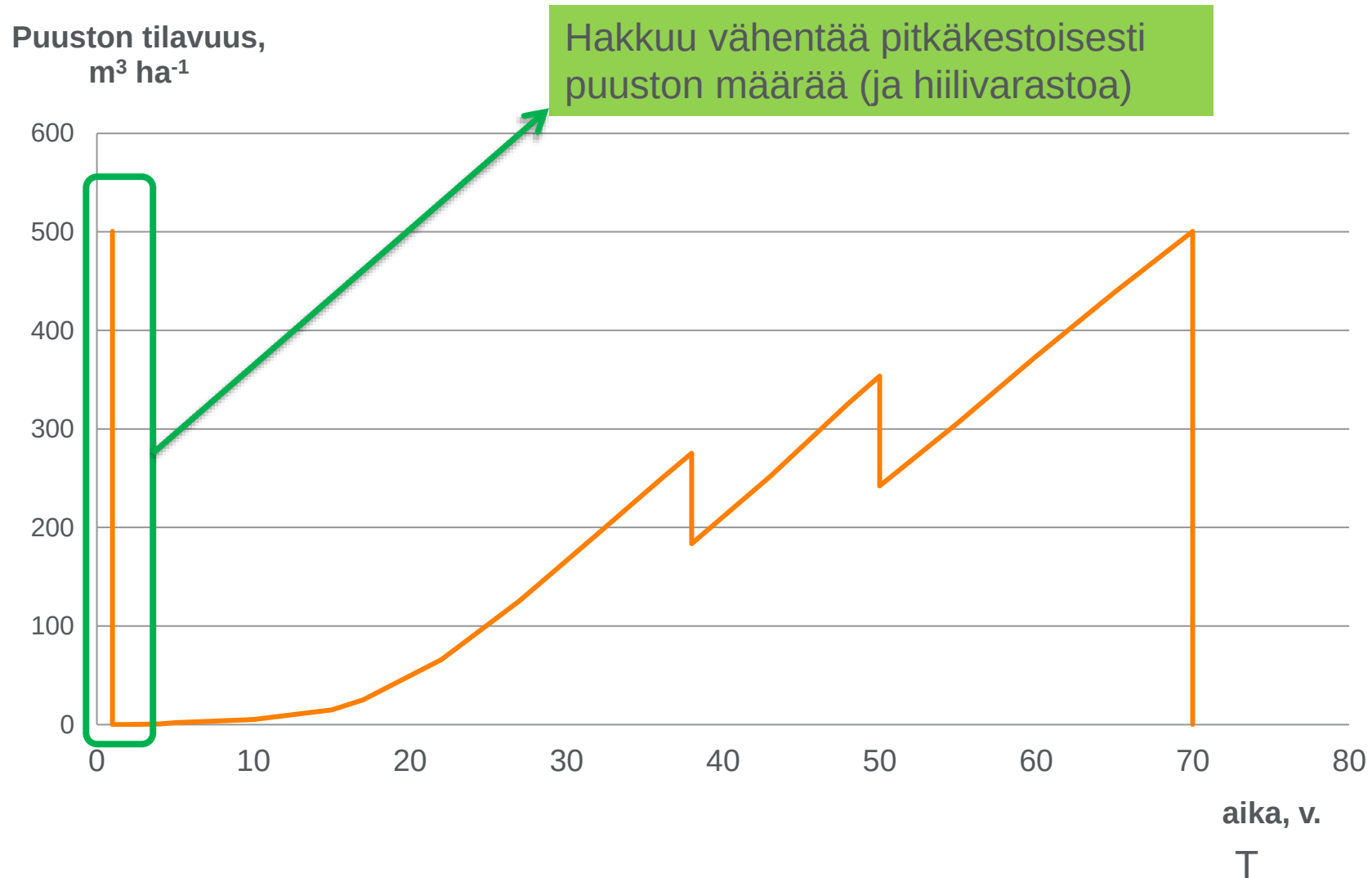
Metsien hyödyntämisen periaatteena on kestävyys kaikilla käsittelytavoilla



- Suomessa metsien kehitys ja niiden reaktiot metsänkäsittelyyn ovat hitaita
- Kestävyyttä ei voi tarkastella lyhyellä aikavälillä (< 30 v.)
- Kestävyyttä ei voi tarkastella yhden metsikön tasolla – ei varsinkaan ilmastokestävyyttä
- Kestävyysarvioiden laadinta edellyttää tietoa siitä miten metsät reagoivat erilaisiin käsittelyihin

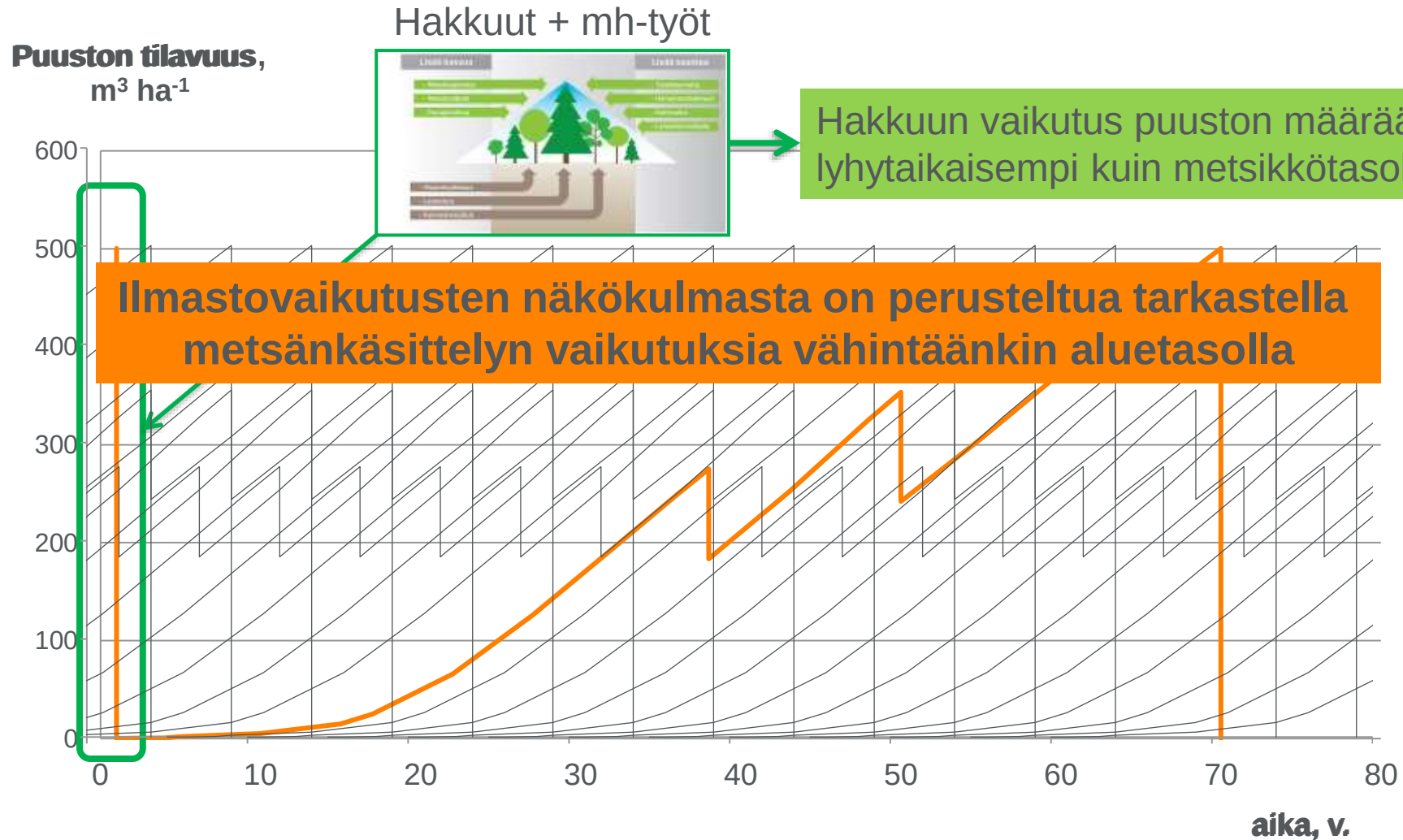


Puuston käsittelyn vaikutus metsikön puustoon



Käsittelyvaikutukset metsäalueen puustoon

Metsäalue koostuu eri kehitysvaiheissa olevista metsistä

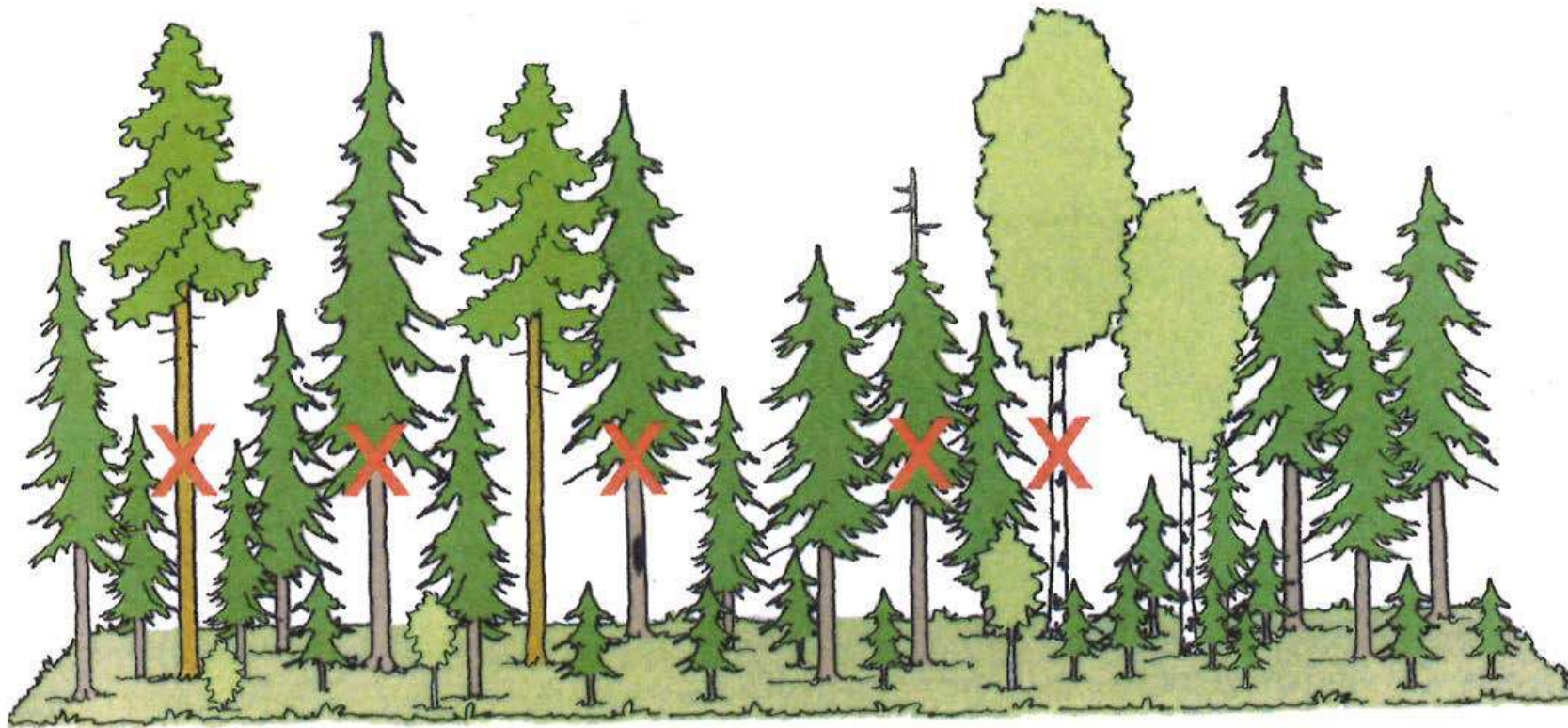


Jatkuvapeitteinen kasvatus ja hiilinielut



Jatkuvapeitteisen metsän kasvatustenetelmiä

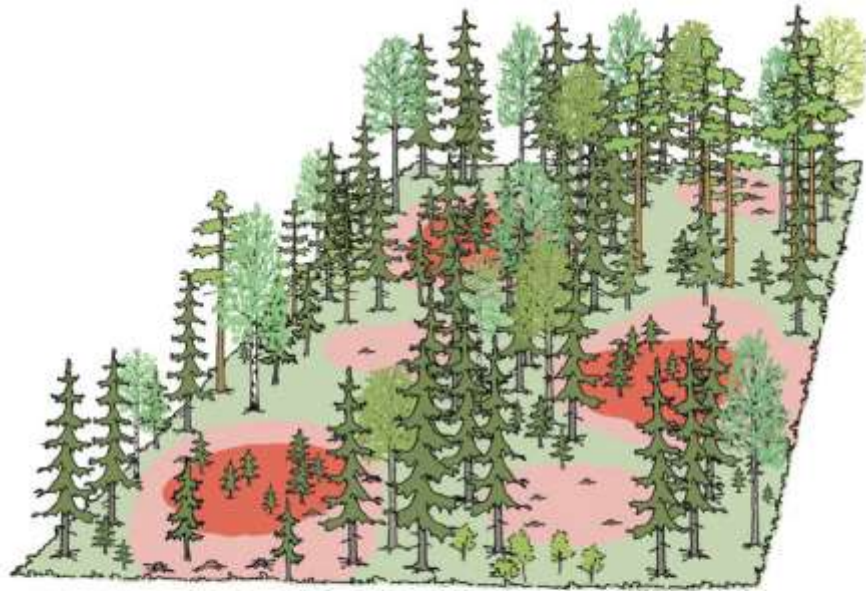
Poimintahakkuu (eri-ikäismetsä)



Lähde: Sauli Valkonen/Luke

Jatkuvapeitteisen metsän kasvatustenetelmiä

Pienaukkohakkuu



Lähde: Sauli Valkonen/Luke

Jatkuvapeitteisen metsän kasvatustenetelmiä

Männikön ylispuukasvatus



Lähde: Sauli Valkonen/Luke

Jatkuvapeitteisen metsän kasvatusmenetelmiä

Kaistalehakkuu



Lähde: Sakari Sarkkola/Luke

Jatkuvapeitteinen kasvatus kivennäismailla

Poimintahakkuin käsiteltävät kivennäismaiden kuusikot

Kestävän käsittelyn edellytykset:

- eri-ikäismetsässä täytyy syntyä ja kehittyä riittävästi taimia, joista kasvaa uusia puita korvaamaan hakkuissa poistettuja
- uudistuminen ja alikasvos menestyvät vain harvassa metsässä
- hyväkuntoinen puusto elpyy ja kasvaa poimintahakkuun jälkeen hyvin – huonokuntoinen huonosti
- **Eri-ikäismetsä pitää hakata harvaksi**



Jaksollisen ja jatkuvapeitteisen kasvatuksen periaatteet (nykysuosituksen mukaan)

Jaksollinen kasvatus

- metsän uudistumiseen kiinnitetään huomiota vain kiertoajan alussa ja lopussa
- kasvatusvaiheessa suositetaan vallitsevien latvuskerrosten arvokkaimpia puita
- metsänhoitotyöt ovat intensiivisiä

⇒ metsikön sisäistä vähän vaihtelua

⇒ Maisematasolla vaihtelu suurta

Jatkuvapeitteinen kasvatus

- huomio on koko ajan sekä kasvatuksessa että metsän luontaisessa uudistamisessa
- edistetään samanaikaisesti kaikkien latvuskerrosten puiden kehitystä
- ei intensiivisiä metsänhoitotöitä

⇒ Metsikön sisällä paljon vaihtelua

⇒ Maisematasolla vaihtelu pientä?

Metsän uudistuminen

(Sauli Valkonen)

Eri-ikäiskuusikoiden uudistuminen Etelä-Suomessa

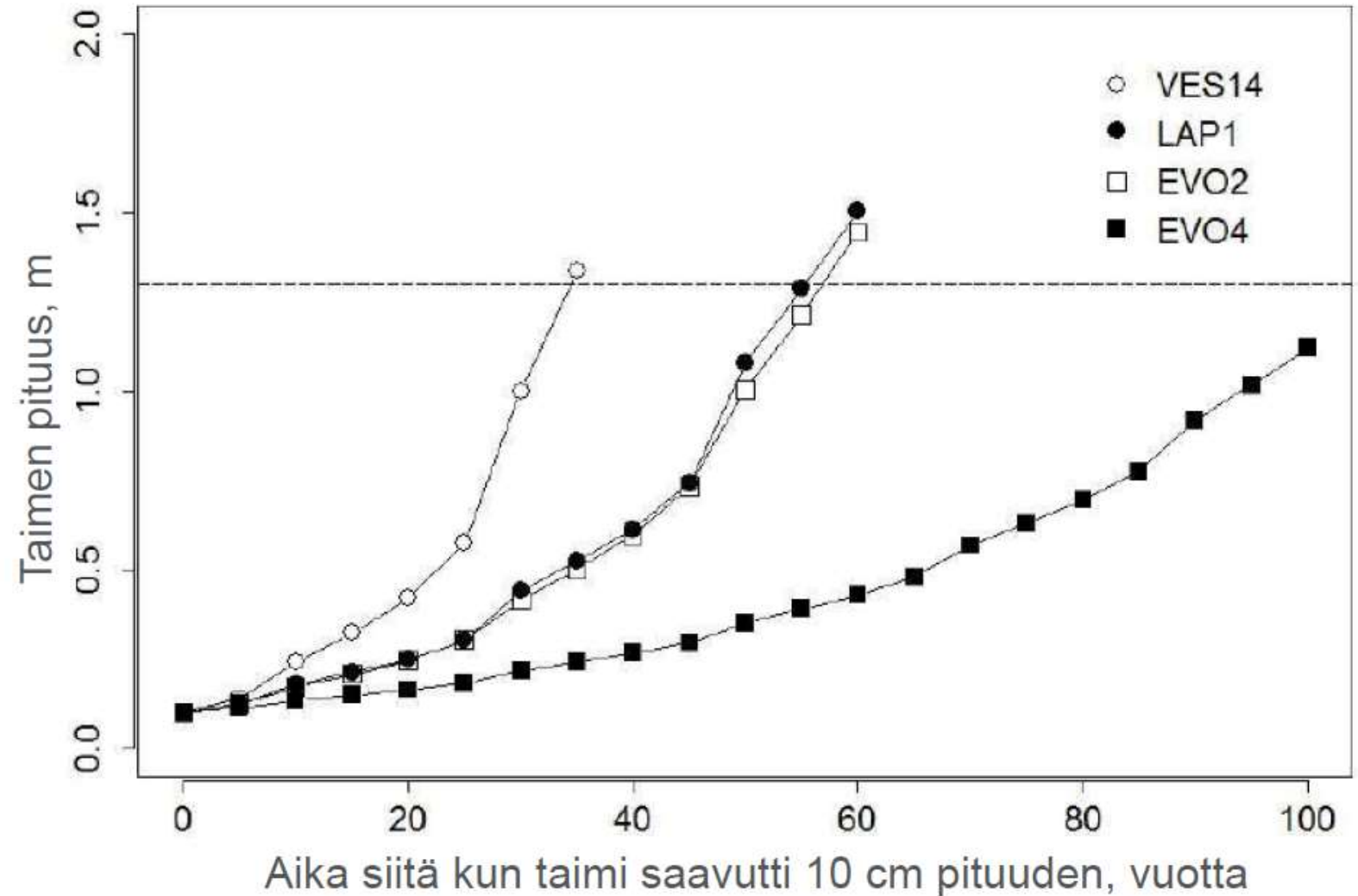
- taimia syntyy ja kuolee runsaasti ($2000 \text{ ha}^{-1} \text{ v}^{-1}$) (Saksa & Valkonen 2011)
- taimista näyttää varttuvan riittävästi määrä puita korvaamaan hakkuu- ja luonnonpoistuman (Lundqvist 1991, 1993, Lähde et al. 2002, Eerikäinen et al. 2014)
- taimikot aukkoisia ja ryhmittäistä (Saksa 2004, Saksa & Valkonen 2011)
- taimet kasvavat hitaasti: 1,3 metrin pituuden saavuttaminen kestää keskimäärin 40 – 60 vuotta (Eerikäinen et al. 2014)
- taimikon harventaminen ja sekapuusto parantavat kasvua (Laiho et al. 2014)
- taimettumista voidaan edistää metsänsäätelyllä ja taimien suojelulla puunkorjuussa

Pienaukot ovat taimettuneet

- erinomaisesti: rehevät korvet Pohjois-Suomen eteläosassa, Kainuun kuusikot, Keski-Lapin männiköt (Hökkä & Repola. 2018, Valkonen & Siitonen 2016, Hallikainen et al. 2018)
- tyydyttävästi: tuoreen kankaan kuusikot Etelä-Suomessa (Valkonen et al. 2011)
- heikosti: Etelä-Suomen OMT- ja MT+ - kasvupaikoilla, syynä pintakasvillisuuden rehevöityminen liian isoissa aukoissa (Downey et al. 2018)

Alikasvostaimien pituuskehitys

Varjostetussa asemassa kasvaville alikasvostaimille on tyypillistä hidas pituuskehitys ja suuri kasvunopeuden vaihtelu sekä eri metsien välillä että saman metsän sisällä



Lähde: Eerikäinen ym. (2014)

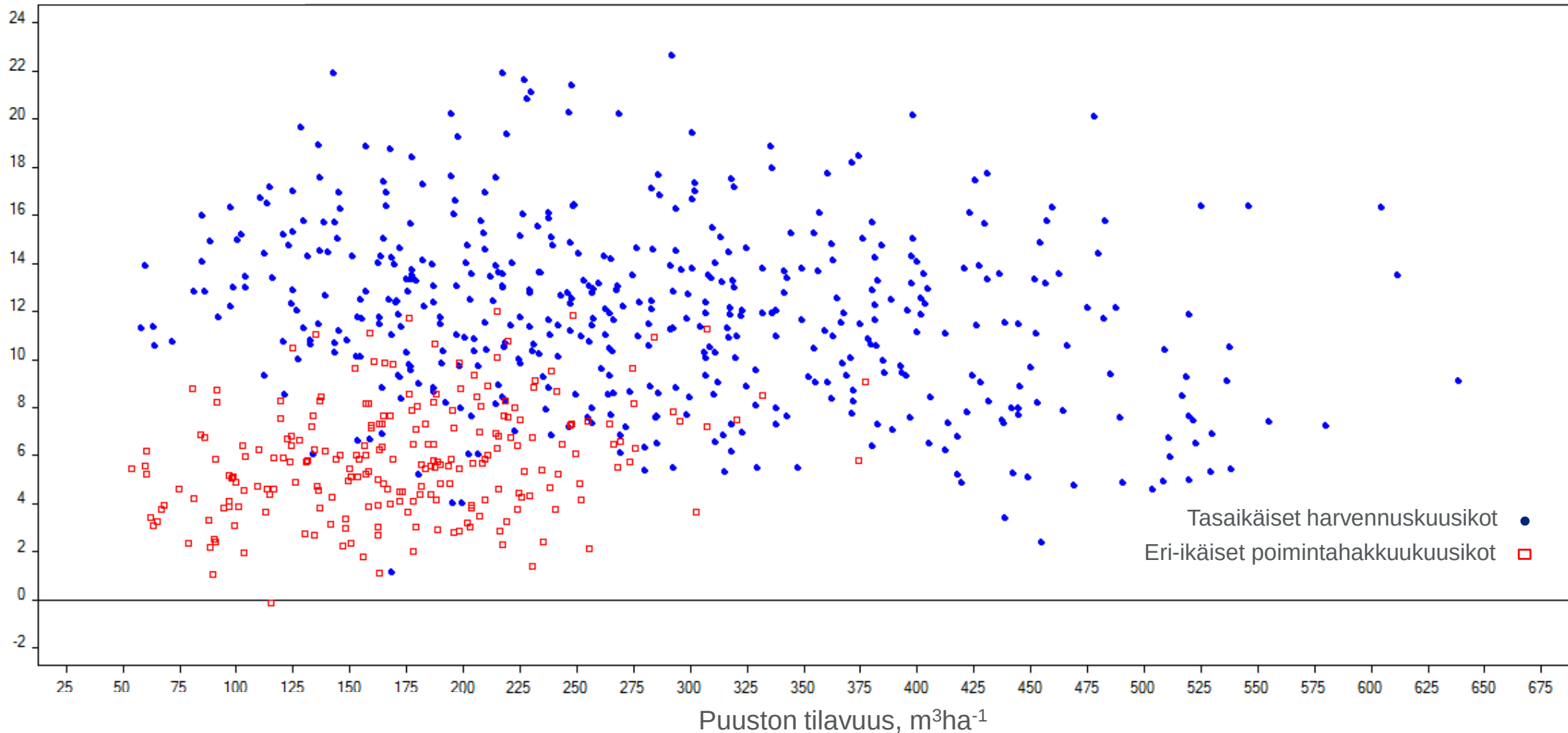
Puuston kasvu ja puuntuotos tasa- ja eri-ikäisissä kuusikossa

- suomalaisten tutkimustulosten perusteella eri-ikäiskuusikossa puuntuotos ($\text{m}^3/\text{ha}/\text{v}$) on pitkällä aikavälillä 15 – 25 % alhaisempi kuin tasaikäisessä viljelykuusikossa
- ruotsalaisten ja norjalaisten tutkimusten mukaan vastaava ero on 10-20 %

Mitatut tilavuuskasvut tasa- ja eri-ikäisten kuusikoiden kestokokeilla (Hynynen ym. 2019)

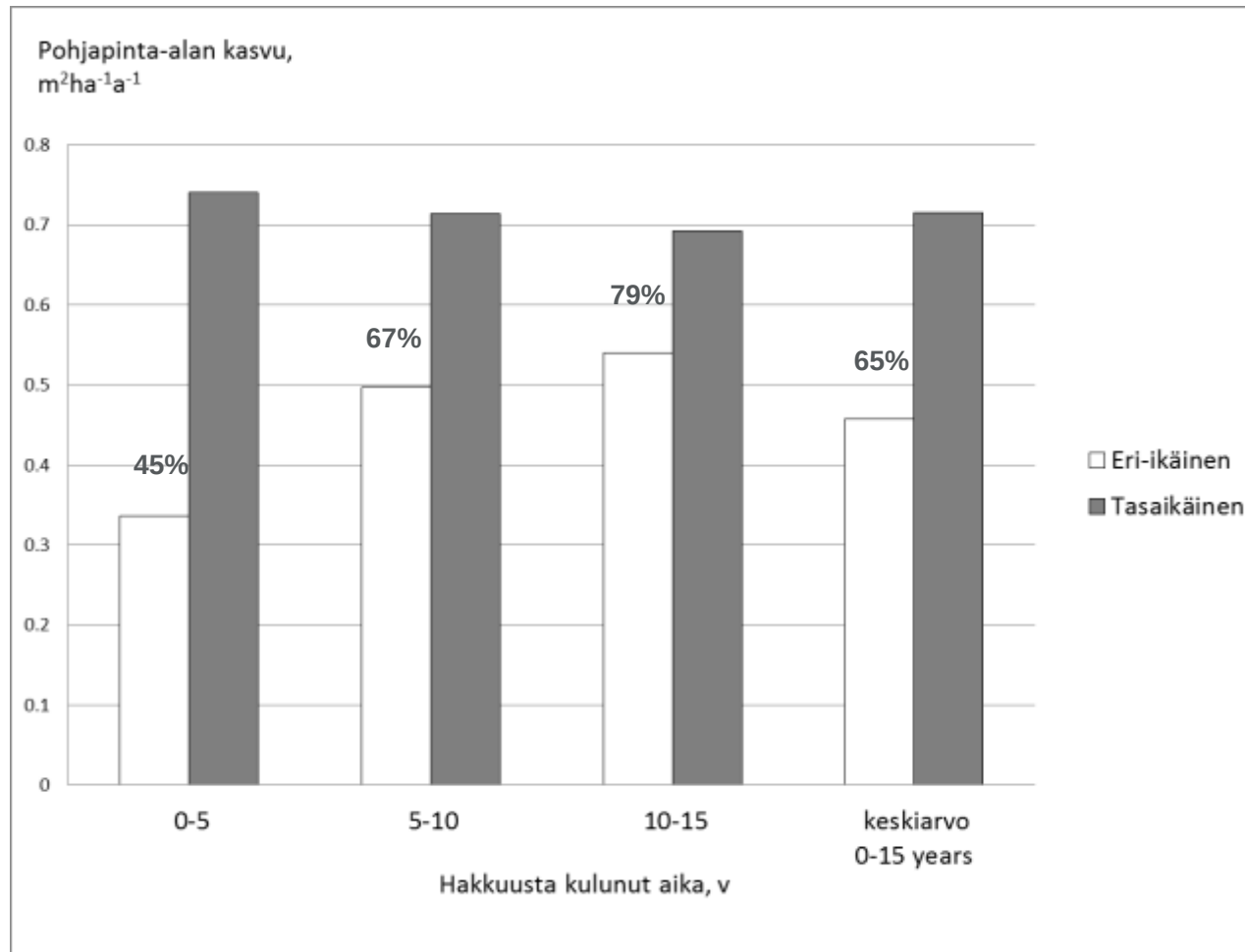
Lähde: Hynynen, J., Eerikäinen, K., Mäkinen, H., Valkonen, S. 2019. Growth response to cuttings in Norway spruce stands under even-aged and uneven-aged management. Forest Ecology and Management 437: 314-323

Tilavuuskasvu, $\text{m}^3\text{ha}^{-1}\text{a}^{-1}$



Puuston kasvunopeus hakkuun jälkeen eri-ikäisessä ja tasaikäisessä kuusikossa

Lähde: 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



Tasaikäinen kuusikko: alaharvennus

- Pohjapinta-ala hakkuun jälkeen: $20 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$
- Hakkuupoistuma: 33% pohjapinta-alasta

Eri-ikäinen kuusikko: poimintahakkuu

- Pohjapinta-ala hakkuun jälkeen: $12 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$
- Hakkuupoistuma: 50% pohjapinta-alastata

Päätelmiä puuntuotoksesta

- poimintahakkuin käsiteltävissä kuusikoissa puuntuotos on jatkuvapeitteisessä kasvatuksessa pienempi kuin jaksollisesti kasvatettavissa viljelymetsissä, koska
 - puusto on kasvatettava harvempana (uudistumisen turvaamiseksi)
 - luontaisesti syntyneen ja ylispuuston alla kehittyvän taimikon alkukehitys on hidasta verrattuna jalostetulla materiaalilla uudistettuun viljelytaimikkoon
 - poimintahakkuun jälkeen puuston kasvureaktio on hitaampi kuin harvennushakkuun jälkeen
- jatkuvapeitteisesti käsitellyn metsän puuntuotos voi silti olla riittävä taloudellisesti kannattavaan metsänkäsittelyyn

Jatkuvapeitteinen kasvatus kivennäismailla

Kivennäsimaille puuston määrä ja kasvunopeus ovat ratkaisevia hiilensidonnasta kannalta:

1. runsas puusto => iso hiilivarasto
 - Jatkuvapeitteisessä kasvatuksessa puusto kasvatetaan harvana, jotta luontainen uudistuminen onnistuisi
 - ⇒ Jatkuvapeitteinen kasvatus ei kasvata puuston hiilivarastoa
2. nopea kasvu => iso hiilensidonta
 - Jatkuvapeitteisessä kasvatuksessa keskikasvu on alhaisempi kuin jaksollisen kasvatuksen tasaikäisessä viljelymetsässä (kuusikoissa ero 10 – 30 %)
 - ⇒ Jatkuvapeitteinen kasvatus ei lisää kasvua



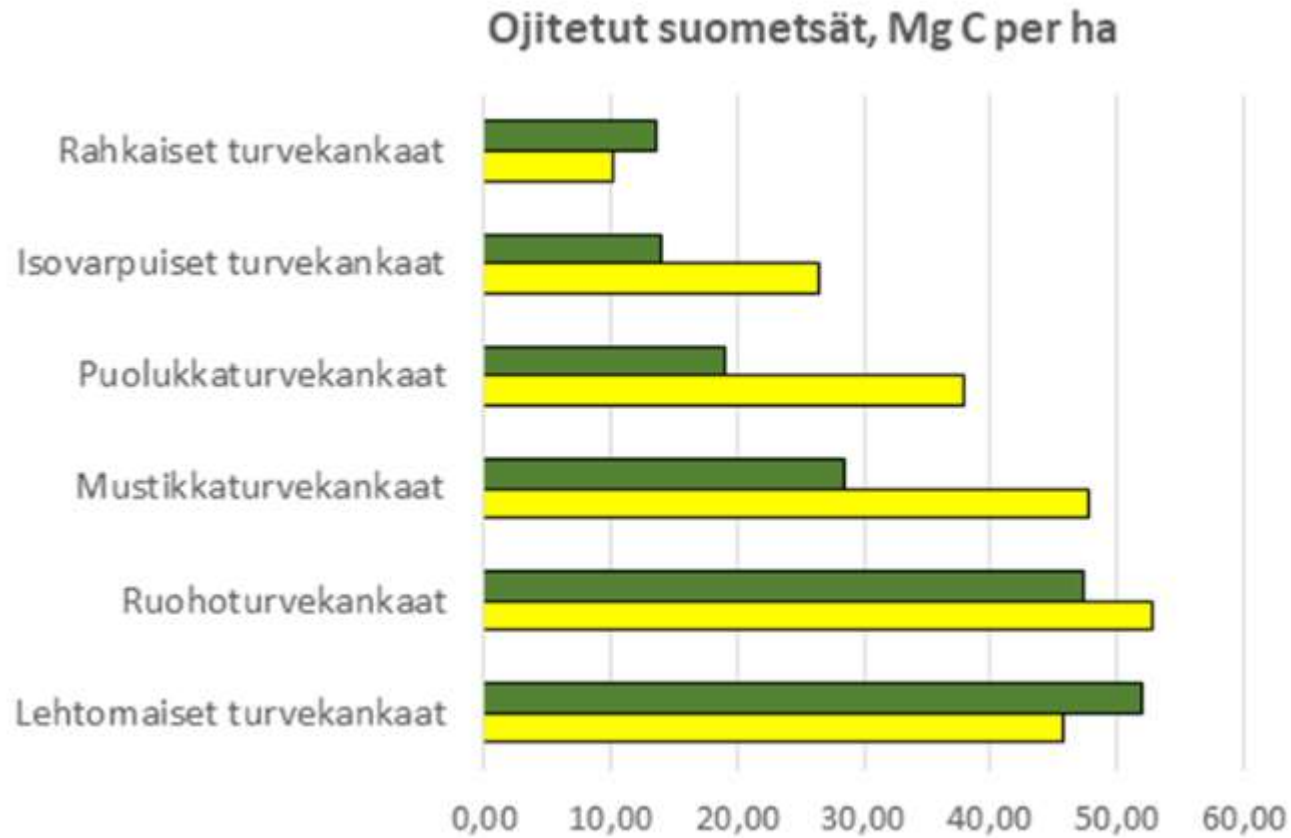
⇒ Kivennäismailla jatkuvapeitteiseen kasvatukseen siirtymisellä ei voida lisätä metsien hiilinielua

Jatkuvapeitteinen kasvatus turvemailla

Sakari Sarkkola

Hiilitaseet ja metsänkasvatus turvemailla

- Suomen metsien puusto on ollut pitkään voimakas hiilen nielu. Kivennäismaalla olevien metsien maaperä on myös sitonut hiiltä. Metsäojitettujen soiden maaperän hiilidioksidi-, typpioksiduuli- ja metaanipäästöt ovat kuitenkin noin 7 milj. CO₂-ekv tonnia vuodessa, mikä pienentää Suomen metsien kokonaishiilinielua.
 - Hiilidioksidiksi (CO₂) muutettuna turvemaiden hiilivarasto (19448 Tg (Turunen 2008)) vastaisi Suomen 300 vuoden kasvihuonekaasupäästöjä (nykytasoisina)
 - Turvemaiden kasvillisuuden, mukaan lukien kaikki suopuustot, hiilivarasto 'vain' noin 3,3% turpeen hiilivarastosta (~642 Tg)
- ➡ Nyrkkisääntö: 10 cm paksuisessa turvekerroksessa on hiiltä rehevällä kasvupaikalla saman verran kuin noin 200 m³/ha runkopuuta. Karuilla kasvupaikoilla (heikosti maatunut rahkaturve) vastaava puumäärä on noin 100 m³/ha.



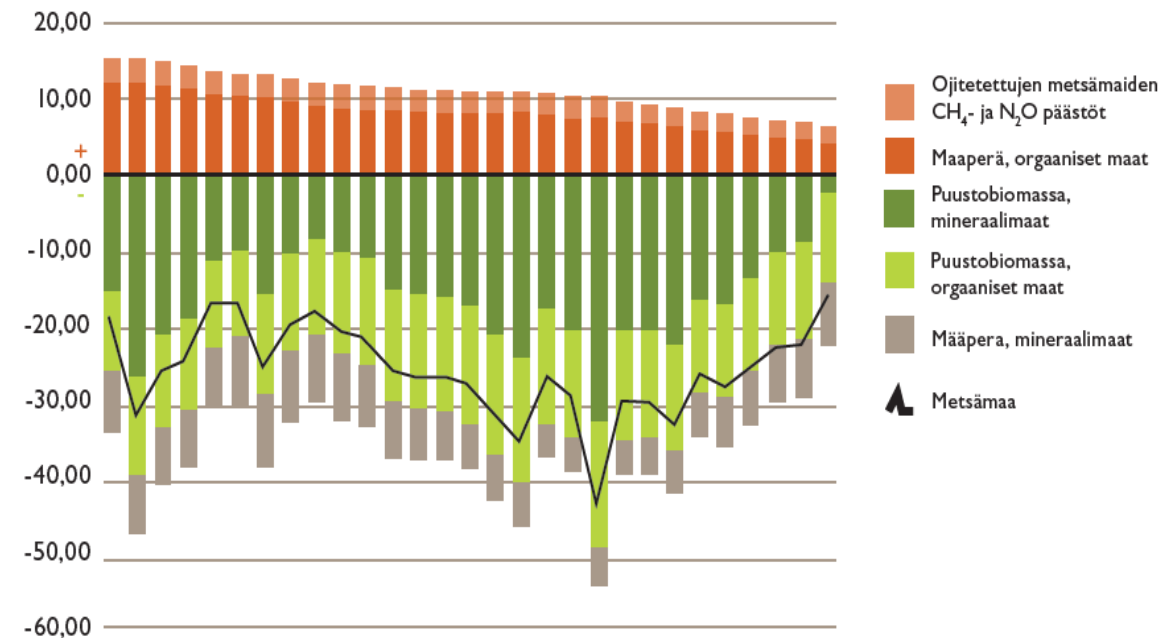
Metsäojitettujen soiden kasvupaikkatyyppittaiset (turvekangasluokat) puuston hiilivarastot (Mg/ha) Etelä-Suomessa (keltaiset pylväät) ja Pohjois-Suomessa (vihreät pylväät) VMI12 aineistoon perustuen. Kasvupaikkatyyppit sisältävät varsinaisten turvekankaiden ohella myös ojikot ja muuttumat.

- **Suurimmat hiilipäästöt runsasravinteisilta**, hyvätuottoisilta turvekangastyypeiltä – turpeen hiilivarasto pienenee
- **Karumpien** mutta silti tuottavien ojitusalueiden maa lähellä hiilineutraalia tai se voi jopa olla pieni nielu.
- Uudistamisvaiheessa, kun vedenpinta nousee lähelle maanpintaa, **metaanipäästöt (CH₄)** kasvavat ja **vesiin pääsee liuennutta hiiltä ja ravinteita**, mm. fosforia;

➡ *kuormat moninkertaisia kangasmaihin verrattuina*

- Lyhyellä aikavälillä olisi tärkeää vähentää **metsäojitettujen soiden maaperän päästöjä**, joita syntyy niiden turpeesta sekä turvemaametsän ottamisesta esimerkiksi viljelykäyttöön.

Kasvihuonekaasupäästöt (+) ja poistumat (-) metsämaalla vuosina 1990-2018



Runsasravinteisten, hyvätuottoisten ojitusalueiden maaperän hiilidioksidipäästöjä olisi hyvä vähentää

....eli turpeen hajoamista hidastaa:

Hapellisissa oloissa vedenpinnan yläpuolella hajoaminen on usein tehokasta

Hapettomissa oloissa vedenpinnan alapuolella hajoaminen on hyvin hidasta

Turpeen hiilivarastoa voidaan suojella pitämällä siitä mahdollisimman suuri osa jatkuvasti vedenpinnan alapuolella

'Liian tehokas' kuivatus, jolla pyritään varmistelemaan puuston kasvua on haitallista ilmaston näkökulmasta. Toisaalta sitä ei myöskään puuston hyvä kasvu edellytä.

Vedenpinnan säätelyllä voidaan minimoida suometsien kasvihuonekaasupäästöt ja turvata puuston kasvu



Kuvassa esitetty tieto koskee erityisesti runsasravinteisia suometsiä.

CO₂ = HIILIDIOKSIDI
CH₄ = METAANI

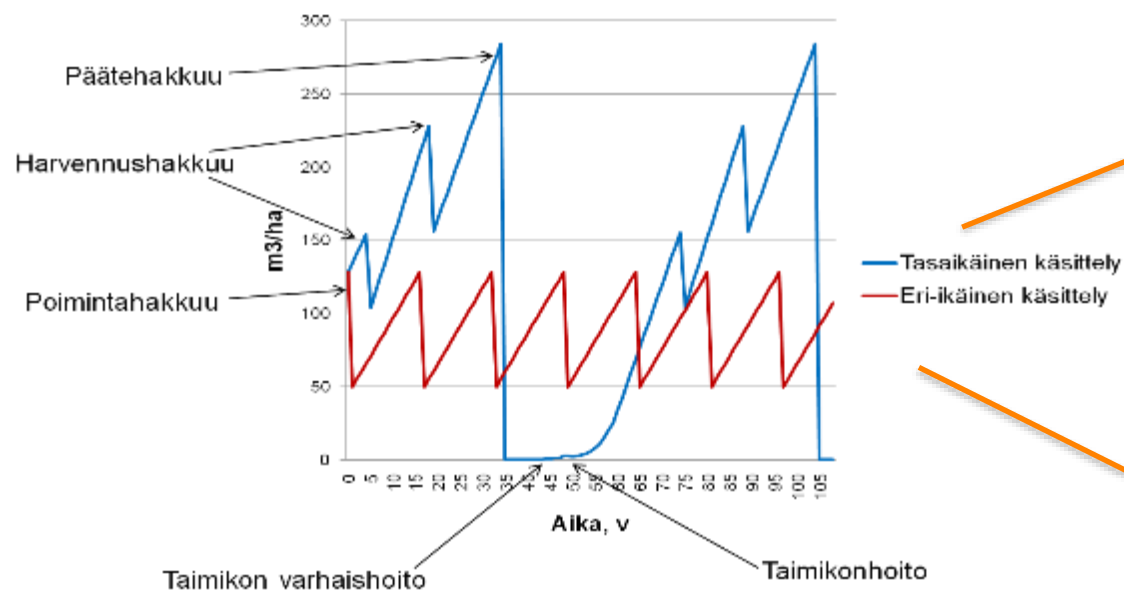
Lähde: Sarkkola ym. 2010 (<https://doi.org/10.1139/X10-084>), Sarkkola ym. 2012 (<https://doi.org/10.1080/02827581.2012.689004>), Sarkkola et al. 2013 (<http://mires-and-peat.net/pages/volumes/map11/map1102.php>), Ojanen ym. 2010 (<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.04.036>), Ojanen ym. 2013 (<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.10.008>), Ojanen ja Minkkinen 2019 (<http://mires-and-peat.net/pages/volumes/map24/map2427.php>)

Miten jatkuvapeitteinen kasvatus hillitsee päästöjä?

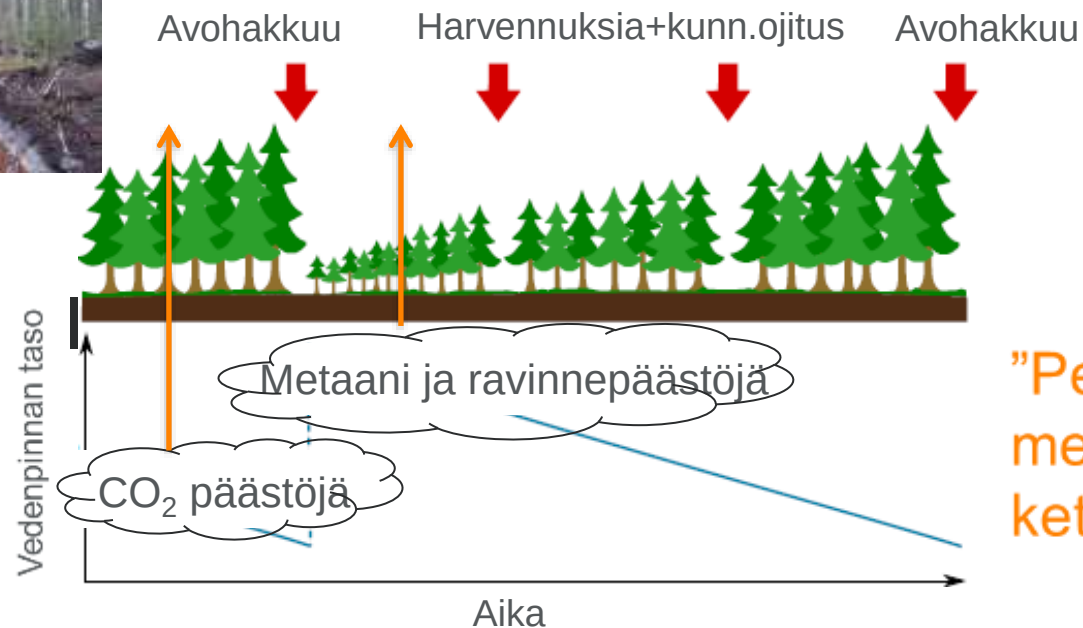


Jatkuvapeitteinen kasvatus:

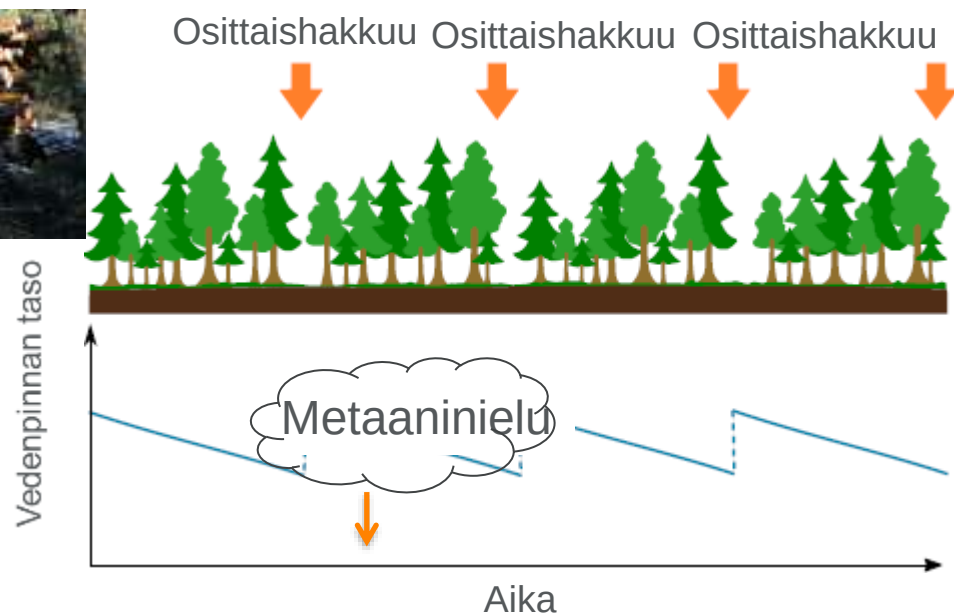
Tasaikäis- ja eri-ikäisrakenteisen metsän käsittelyn periaate



- Jatkuvapeitteinen kasvatus on metsänhoitoa ilman avohakkuita
- Jatkuva kasvatus vaihtoehdoksi metsälain uudistuksen myötä.
- Turvemailla kuivatus keskeisesti puuston varassa



"Perinteinen"
metsänkasvatus-
ketju



Jatkuvapeitteisen
metsänkasva-
tuksen malli

*Tärkeää, että ei pohjaveden
pinnan ääreviä muutoksia!*

Jatkuvapeitteisen metsänkasvatuksen menetelmät

- Tavoitteena on säilyttää metsän läpimittajakauma laskevan j- käyrän muotoisena

➔ *Olemassa oleva taimiaines ja luontainen uudistuminen aukkopaikkoihin.
Myös metsänviljely mahdollinen, taimikonhoito voi olla tarpeen.*

Käsittelyvaihtoehtoina poimintahakkuu, pienaukkohakkuu (ml. kaistalehakkuut ja ylispuuhakkuut/alikasvoksen vapautus (turvemailla).

Turvemailla usein parhaat edellytykset jatkuvalle kasvatukselle (mm. puustossa usein ennestään erirakenteisuutta ja valmista taimiainesta)



Kaistale/pienaukkohakkuu



*Ylispuiden poisto
(kuusialikasvos jätetty)*

Poimintahakkuu

Jatkuvapeitteinen kasvatus turvemailla

Turvemailla turpeeseen sitoutunut hiili muodostaa tavallisesti paljon suuremman hiilivaraston kuin puusto

- Pohjavedenpinnan korkeus ja kasvupaikan rehevyys vaikuttavat turvemaan hiilipäästöihin:
 - kun pohjavedenpinnan taso laskee, hiiltä vapautuu kuivuvasta turpeesta
- Hiilipäästöjen kannalta olisi suotuisampaa jos pohjavesipinnan tason vaihtelu olisi vähäistä, koska
 - jatkuvapeitteisellä kasvatuksessa ei tarvita kunnostusojituksia ja näin voidaan välttää pohjavesipinnan suuret vaihtelut



⇒ **Jatkuva kasvatus voi kasvattaa maaperän hiilivarastoa, koska sillä voidaan hillitä turpeen hiilipäästöjä eteläisessä varsinkin Suomessa ravinteikkaissa korpikuusikoissa** mutta

Suometsissä turvemaiden hiilitase ja metsänkäsittelyn vaikutukset tunnetaan vielä huonosti ja lisätutkimuksen tarve on suuri

Millä muilla suometsien käytön täsmätoimilla voidaan vähentää päästöjä ja vahvistaa hiilinieluja

Tuhkalannoitus runsastyyppisillä turvemailla

- ➔ voidaan vahvistaa hiilen sitoutumista ja korvata kunnostusojituksia
- ➔ suotuisia ilmastovaikutuksia lyhyellä aikavälillä



Vältetään tarpeettoman tehokasta kuivatusta

- ➔ käytetään matalampia ojia, kunnostusojitukset todellisen tarpeen mukaan

Vältetään suometsän raivaamista pelloksi

- ➔ metsitetään olemassa olevia turvepeltoja ja suonpohjia



Heikkotuottoiset ojitusalueet metsätalouden ulkopuolelle

- ➔ voidaan korjata olemassa oleva puusato, mutta ei tehdä kunnostusojituksia, ennallistumaan jättäminen.

Ennallistaminen

- ➔ ilmastohyötyjä pitkällä aikavälillä, lyhyellä tähtäimellä jopa negatiivisia vaikutuksia sekä kasvihuonekaasupäästöihin ja että vesistöihin.

Kiitos!



© NATURAL RESOURCES INSTITUTE FINLAND

