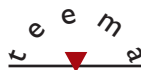


Jari Liski

Millainen kiertoaika eduksi metsien hiilitaloudelle?



Puuntuotantoa ja puunkäyttöä tarkasteltava kokonaisuutena

Pyrittäessä hidastamaan ilmakehän hiilidioksidimäärän kasvua talousmetsien avulla joudutaan pohtimaan, onko parempi hakata puusto nuorena kuin antaa sen kasvaa vanhaksi. Kun puusto hakataan nuorena, se pysyy nopeakasvuisena ja sitoo paljon hiilidioksidia ilmakehästä. Puuta saadaan hakattua paljon. Sen hiili voidaan sitoa puusta valmistettuihin tuotteisiin, tai sitä voidaan käyttää energialähteenä fossiilisen hiilen sijaan. Kun puuston annetaan kasvaa vanhaksi, se kasvaa keskimäärin hitaammin ja puuta saadaan hakattua samalta alueelta vähemmän. Vanhaan puustoon on kuitenkin varastoitunut enemmän hiiltä ilmakehästä kuin nuoreen.

Sitä, millainen kiertoaika on metsien hiilitalouden kannalta edullinen, ei voida ratkaista tarkastelemalla vain osia puuntuotanto- ja puunkäyttöketjusta. Edullinen vaikutus ketjun yhdessä osassa voi johtaa epäedulliseen vaikutukseen toisessa.

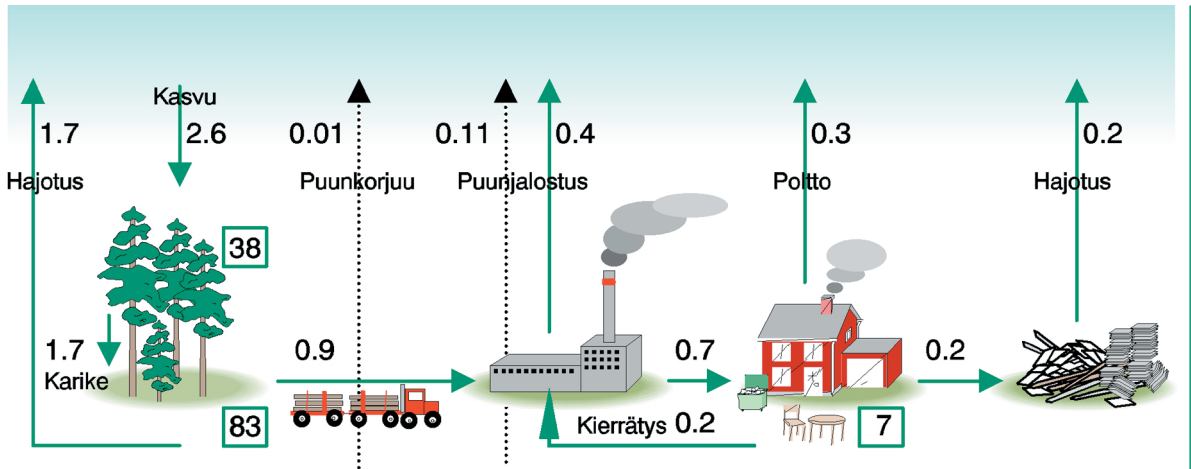
Puuntuotannon ja puunkäytön hiilitalous

Mäntymetsien puusto sitoo yhteyttäessään ilmakehästä noin 9,5 tonnia hiilidioksidia hehtaaria kohti vuodessa; tässä määrässä hiilidioksidia on 2,6 tonnia hiiltä (kuva 1). Arvio koskee nykyisten metsänhoitosuosituksen mukaan käsiteltyä eteläsuomalaista normaalimetsäaluetta, jossa käytetään 90 vuoden kier-

toaikaa. Kaksi kolmannesta puiden sitomasta hiilimäärästä tulee joka vuosi kuolleiden puunosien karikkeena maahan, yksi kolmannes kuljetetaan harvennus- ja päätehakuissa kaadetuissa rungoissa pois metsistä. Tehtaalla osa runkokuusta käytetään puunjalostuksen energiaksi, ja puusta valmistettuihin tuotteisiin saadaan sidottua neljännes puiden metsässä ilmakehästä sitomasta hiilimäärästä. Tuotteita käytetään oma aikansa. Sen jälkeen niihin sitoutunut hiili palaa takaisin ilmakehään, kun käytöstä poistetut tuotteet poltetaan tai ne lahoavat hitaasti kaatopaikalla. Osa käytettyjen tuotteiden hiilestä sidotaan uusiin tuotteisiin kierrätyksen ansiosta.

Puiden ilmakehästä sitomaa hiiltä on varastoitunut puustoon, maaperään ja puusta valmistettuihin tuotteisiin (kuva 1). Maaperässä hiiltä on eniten, noin kaksi kolmannesta kaikesta varastoidusta hiilestä. Puustossa on yksi kolmannes ja puusta valmistetuissa, käytössä olevissa tuotteissa muutama prosentti. Varaston koon ja sisäänvirtaaman suhteesta laskien hiili viipyy maaperässä keskimäärin 50 vuotta, puustossa 15 vuotta ja puusta valmistetuissa tuotteissa käytössä 5 vuotta. Metsässä hiili on siis pysyvämmässä tallessa kuin tuotteissa. Lisäksi puiden sitomaa hiiltä on varastoitunut kaatopaikoille. Sinne viedyissä tuotteissa hiiltä on arvioitu olevan kaksi kertaa niin paljon kuin käytössä olevissa tuotteissa.

Puiden ilmakehästä sitoman hiilen lisäksi puuntuotanto- ja puunkäyttöketjussa virtaa fossiilista hiiltä (kuva 1). Vuosittaiset päästöt puunjalostuk-



Kuva 1. Mäntymetsien puuntuotanto- ja puunkäyttöketjun hiilitase. Vihreät nuolet esittävät puiden ilmakehästä sitoman hiilen virtoja ja mustat katkonuolet fossiilisen hiilen virtoja ($\text{Mg hiiltä ha}^{-1} \text{v}^{-1}$). Hiilivarastot (Mg hiiltä ha^{-1}) on merkitty vihreiden laatikoiden sisään. Tase on laskettu nykyisten metsänhoitosuositusten mukaiselle normaalimetsäalueelle, jossa käytetään 90 vuoden kiertoaikaa ja josta korjattu puu käytetään nykyisen käytännön mukaisesti. Käytöstä poistettujen puusta valmistettujen tuotteiden hiilivarastoa ei ole huomioitu.

sesta ovat muutama prosentti ja päästöt hakkuista ja raakapuun kuljetuksesta muutama promille puiden ilmasta sitomaan hiilimäärään verrattuna.

Mikä eduksi hiilitaloudelle

Puuntuotanto ja puunkäyttö vaikuttavat ilmakehän hiilidioksidin määrään kahdella tavalla: varastomalla ilmakehän hiiltä ja vaikuttamalla fossiilisen hiilen päästöihin. Kun maaperän, puuston tai puusta valmistettujen tuotteiden hiilivarastot kasvavat, niillä on ilmakehän hiilidioksidimäärää vähentävä vaikutus ja varastojen sanotaan toimivan hiilinieluinä. Kun hiilivarastot pienenevät vapauttaen hiilidioksidia ilmakehään, ne lisäävät ilmakehän hiilidioksidimäärää ja varastojen sanotaan toimivan hiililähteinä. Puun korjuu ja jalostaminen aiheuttavat fossiilisen hiilen päästöjä. Toisaalta puulla voidaan korvata fossiilisen hiilen käyttöä energialähteenä ja raaka-aineena.

Hiilitalouden kannalta on edullista, että hiilivarastot eivät pienene vaan mahdollisuuksien mukaan kasvavat ja fossiilisen hiilen päästöt pysyvät mahdollisimman pieninä. Päästöt pysyvät pieninä, kun fossiilisia polttoaineita käytetään puun korjuussa ja

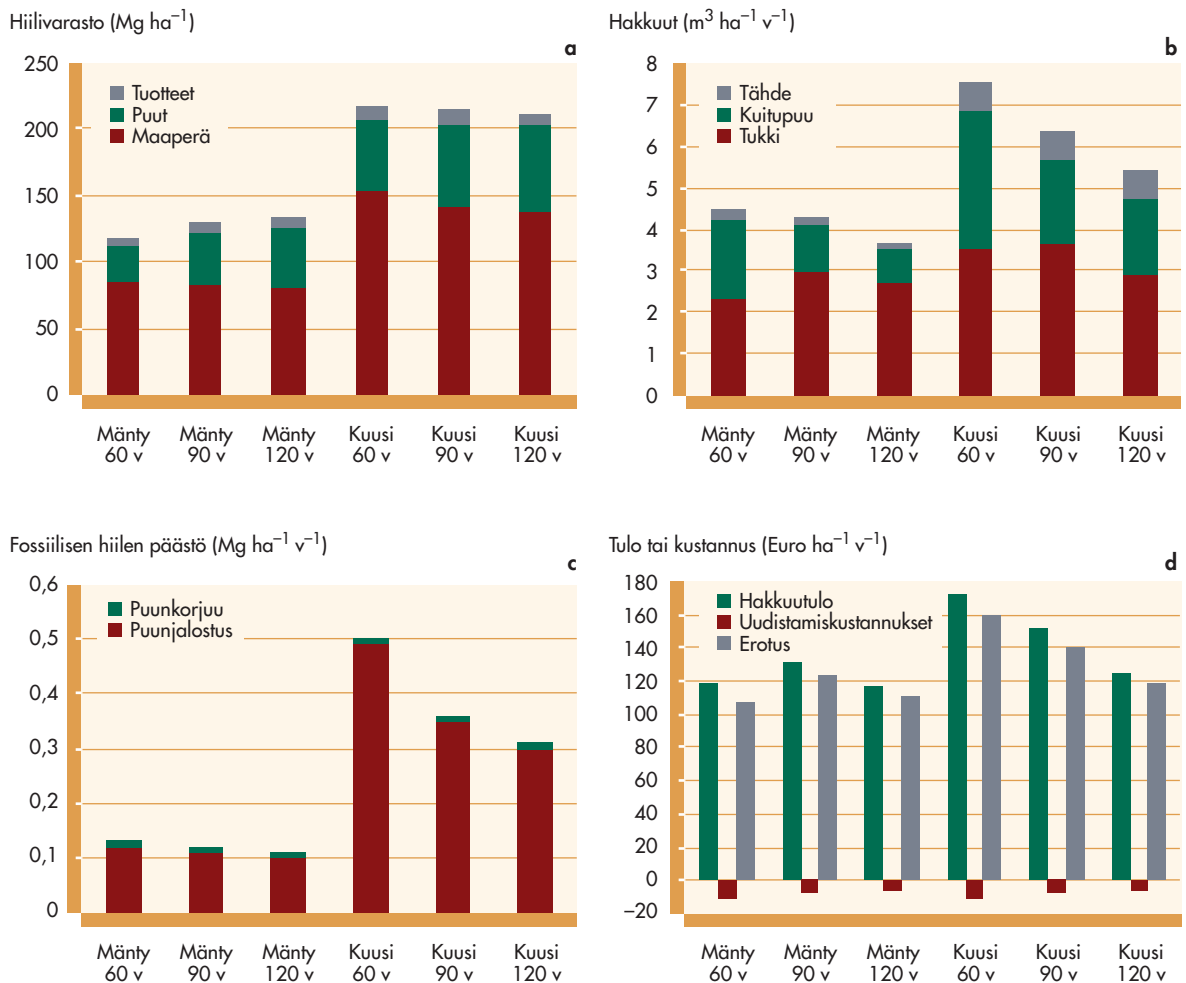
jalostamisessa vähän ja puulla korvataan tehokkaasti fossiilisen hiilen käyttöä.

Miten kiertoaika vaikuttaa hiilitalouteen

Kiertoaikaa pidentämällä voidaan lisätä puustoon sitoutuneen hiilen määrää (kuva 2a). Maaperän hiilivarasto saattaa samalla kuitenkin pienentyä pienentyneen karikesadannan vuoksi. Vanhemmat puut suuntaavat suuremman osan kasvustaan runkopuuhun nopeasti uusiutuvien osien, neulasten, oksien ja juurten, sijaan, ja harvemmin toistuvista hakkuista jää maahan vähemmän hakkuutähteitä.

Lyhentämällä kiertoaikaa nykyisestä voidaan lisätä metsistä kestävästi hakattavaa puumäärää ja siten hiilivirtaa puusta valmistettaviin tuotteisiin (kuva 2b). Tuotteiden hiilivarasto kasvaa kuitenkin vähemmän kuin hakkuumäärä (kuva 2a), koska samalla tuotteiden käyttöikä lyhenee. Kun puut hakataan nuorina, suuri osa raakapuusta täyttää vain kuitupuun mitat (kuva 2b), ja kuitupuusta valmistettavia tuotteita käytetään lyhyen aikaa.

Kiertoaajan lyhentäminen lisää fossiilisen hiilen päästöjä puunjalostuksesta (kuva 2c), koska jalostettavan kuitupuun määrä kasvaa. Päästöt kuusikuitu-



Kuva 2. Mänty- ja kuusimetsien puuntuotanto- ja puunkäyttöketjun hiilivarastot (a), hakkuut (b), fossiilisen hiilen päästöt (c) sekä metsänomistajan tulot ja menot (d) käytettäessä nykysuosituksen mukaista 90 vuoden kiertoaikaa sekä sitä 30 vuotta lyhyempää ja pidempää kiertoaikaa. Luvut on laskettu kunkin kiertoaajan mukaiselle normaalimetsäalueelle nykyisissä olosuhteissa.

puun jalostuksesta lisääntyvät erityisen paljon, koska sen mekaaniseen hiertämiseen massaksi tarvitaan paljon ulkopuolista energiaa. Päästöt mäntykuitupuun jalostuksesta ovat kaiken kaikkiaan pienemmät ja lisääntyvät vähemmän, koska jopa puolet puusta käytetään jalostusprosessin energiaksi (kuva 1).

Millainen kiertoaika eduksi hiilitaloudelle

Mäntymetsien kiertoaajan pidentämisellä olisi hiili-

talouden kannalta edullisia vaikutuksia. Ilmakehästä saataisiin sidottua lisää hiiltä metsien hiilivarastoihin, ja fossiilisen hiilen päästöt puun korjuusta ja jalostuksesta pienenisivät. Tämä ei olisi ilmaista. Pienemmät hakkuut vähentäisivät metsänomistajan hakkuutuloja (kuva 2d), ja hän joutuisi pitämään metsissään suurempaa puustopääomaa. Hiilivarastojen kasvaessa kohti uutta tasapainotilaa maksettaisiin hiilinielusta, sen jälkeen suurempien hiilivarastojen säilyttämisestä.

Kuusimetsissä kiertoaajan muuttaminen parilla

kolmella kymmenellä vuodella ei ehkä muuttaisi puuston, maaperän ja puusta valmistettujen tuotteiden yhteistä hiilivarastoa paljoakaan (kuva 2a). Kiertoaikaa lyhennettäessä maaperän hiilivaraston kasvu korvaisi puuston hiilivaraston pienenemisen, kiertoaikaa pidennettäessä kävisi päin vastoin. Kuumimetsien puuntuotannon ja puunkäytön hiilitalous riippuu oleellisesti puunjalostuksen fossiilisen hiilen päästöistä. Nykyisillä puunkäyttötavoilla ne lisääntyisivät huomattavasti, jos kiertoaikaa lyhennettäisiin (kuva 2c).

Jos rajoitetaan tarkastelemaan vain puuntuotannon ja puunkäytön hiilivirtoja ja -varastoja, hiilen varastoiminen metsän puihin ja maaperään on hiilitalouden kannalta edullisempaa kuin hiilen varastoiminen puusta valmistettuihin tuotteisiin. Tämä johtuu siitä, että hiilivirrat puustoon ja maaperään ovat suuremmat, hiili on näissä varastoissa pysyvämässä tallessa eikä hiilen sitomiseen tarvita muuta energiaa kuin auringon säteilyä (kuva 1).

Tällainen tarkastelu on puutteellista. Siinä ei oteta huomioon, että puusta valmistetut tuotteet, puun energiakäyttö mukaan lukien, tyydyttävät erilaisia tarpeita. Jos näitä tarpeita ei tyydytettäisi puusta valmistetuilla tuotteilla, ne tyydytettäisiin joillakin muilla tuotteilla. Tämän vuoksi puusta valmistettujen tuotteiden hiilitaloutta on syytä verrata myös muiden tuotteiden hiilitalouteen. Uusiutuvasta luonnonvarasta, puusta, valmistetut tuotteet voivat osoittautua hiilitaloudeltaan muita tuotteita edullisemmiksi. Jos näin käy, hiilitalouden kannalta on edullista käsitellä metsiä niin, että niistä saadaan riittävästi raaka-ainetta muiden tuotteiden korvaamiseen. Hakkuiden lisääminen ja kiertoajan lyhentäminen voi tässä tapauksessa olla metsien hiilivarastojen vähenemisestä huolimatta hiilitalouden kannalta edullista. Tuskin puutuotteet maailmaa pelastavat, mutta niistä voi olla vähemmän haittaa kuin muista tuotteista.

Kirjallisuus

- Cooper, C.F. 1983. Carbon storage in managed forests. *Canadian Journal of Forest Research* 13: 155–166.
- Karjalainen, T. 1996. Dynamics and potentials of carbon sequestration in managed stands and wood products in Finland under changing climatic conditions. *Forest Ecology and Management* 80:113–132.
- & Asikainen, A. 1996. Greenhouse gas emissions from the use of primary energy in forest operations and long-distance transportation of timber in Finland. *Forestry* 69: 215–228.
- , Kellomäki, S. & Pussinen, A. 1994. Role of wood-based products in absorbing atmospheric carbon. *Silva Fennica* 28: 67–80.
- Pingoud, K., Savolainen, I. & Seppälä, H. 1996. Greenhouse impact of the Finnish forest sector including forest products and waste management. *Ambio* 25: 318–326.

■ MMT Jari Liski (Jari.Liski@efi.fi) toimii vanhempana tutkijana Euroopan metsäinstituutissa asemapaikkanaan metsäekologian laitos Helsingin yliopistossa. Kuvat 1 ja 2 perustuvat tutkimusryhmän Liski, MMM Ari Pussinen (Euroopan metsäinstituutti), TkT Kim Pingoud (VTT Energia), MMT Raisa Mäkipää (Metla Helsinki) ja MMT Timo Karjalainen (Euroopan metsäinstituutti) vielä julkaisemattomaan tutkimukseen.