

# Menetelmäkuvaus - Metsäbiomassan energiakäytöstä aiheutuvat hiilidioksidipäästöt

Tutkija Jari Niemi ja ryhmäpäällikkö Sampo Soimakallio, Suomen ympäristökeskus SYKE

Metsäbiomassan korjuu vaikuttaa metsän hiilivarastoon. Kun metsäbiomassan korjuuta lisätään, metsään jää vähemmän hiiltä. Tämä hiilivaje on dynaaminen ja riippuu erityisesti siitä, mitä biomassaositteita korjataan ja minkä ajan yli vaikutusta tarkastellaan (Helin ym. 2013). Metsäbioenergian tuotannon osalta hiilivaje tarkoittaa sitä, että metsässä on vähemmän hiiltä ja ilmakehässä on enemmän hiilidioksidia. Hiilivaje voidaan siten ajatella epäsuoraksi päästökseksi (Pingoud ym. 2016).

[Kansainvälisten kasvihuonekaasujen laskenta- ja raportointisääntöjen mukaan](#) biomassan hiilidioksiditaseet määritetään varastonmuutoksilla, eikä ilmakehään pääsevillä tai sieltä poistuvilla virroilla. Näin ollen biomassan polton CO<sub>2</sub>-päästöt lasketaan ja raportoidaan energiasektorilla nollana. Metsäbiomassan korjuussa metsästä poistuva hiili lasketaan päästönä maankäyttösektorilla raportoitavana ”hoidettu metsämaa” -luokkaan. Hoidetun metsämaan kokonaiskasvihuonekaasutase muodostuu puuston kasvussa ja karikesyötteen tuottamaan biomassaan ja maaperään sitoutuvien, sekä sieltä vapautuvien kasvihuonekaasujen ja puubiomassan korjuussa poistuvan hiilidioksidin erotuksena. Osa metsästä korjatusta hiilestä sitoutuu väliaikaisesti puutuotteisiin, joiden hiilivaraston kasvu lasketaan ja raportoidaan poistumana.

Seuraavassa kuvataan, miten hakkuutähteiden ja runkopuun energiakäytöstä syntyvät hiilidioksidipäästöt on määritetty.

## Hakkuutähteiden energiakäytöstä aiheutuvat päästöt

Hakkuutähteiden käytöstä aiheutuvien hiilidioksidipäästöjen laskenta perustuu epäsuoraan hiilidioksidipäästöön, joka syntyy, kun hakkuutähteisiin sitoutunut hiili vapautuu bioenergiailaitoksen polttoreaktiossa hiilidioksidina välittömästi ilmakehään, sen sijaan että hakkuutähteet hajoaisivat hitaasti korjuualalla (Repo ym. 2011). Hakkuutähteiden lahoaminen ajassa on laskettu oksien (latvusmassan) ja kantojen osalta Yasso07-mallista saatuja Etelä- ja Pohjois-Suomen keskiarvoja kuuselle kuvaavia tuloksia hyödyntäen (Liski ym. 2011) ajan funktiona 100 vuodelle.

## Runkopuun energiakäytöstä aiheutuvat päästöt

Ensiharvennuksesta, kaupallisesta harvennuksesta ja päätehakkuusta aiheutuvien hiilidioksidipäästöjen laskenta perustuu tilanteeseen, jossa harvennus tai hakkuu tehdään ja saatu runkopuu poltetaan bioenergiailaitoksessa sen sijaan, että puut jätettäisiin metsään kasvamaan. Laskenta harvennuksien ja päätehakkuun osalta perustuu MOTTI-mallilla (Hynynen ym. 2002; Matala ym. 2003; Salminen ym. 2005) Etelä-Suomen oloihin tehtyihin simulaatioihin, joissa verrattiin ensimmäisten viiden vuoden aikana toteutettujen ensiharvennusten, kaupallisten harvennusten tai päätehakkuun vaikutusta metsän hiilivarastoon 100 vuoden tarkastelujakson yli, suhteessa tilanteeseen, jossa kyseisiä harvennuksia tai päätehakkuita ei olisi tehty (Helin ym. 2016). Puuston hiilivaraston kehittyminen perustuu MOTTI-mallin (Hynynen et al. 2002; Matala et al. 2003; Salminen et al. 2005) kasvukäyriin ja hakkaamattoman metsän osalta manuaalisesti lisättyyn luontaiseen puuston kuolemiseen.

## Laskurin tulokset

Laskuri laskee hakkuutähteiden ja ainespuun korjuusta aiheutuvan epäsuoran hiilidioksidipäästön valitun ajanjakson yli, vertaamalla metsään lahoamaan jätetyissä hakkuutähteissä ja/tai metsään kasvamaan jätetyissä runkopiissa valitun aikajakson aikana olevaa hiilimäärää tilanteeseen, jossa hakkuutähteet ja/tai runkopuu olisi korjattu bioenergiaksi ja niiden sisältämä hiili olisi vapautunut hiilidioksidina ilmakehään korjuuvuotena.



LIFE17 IPC/FI/000002 LIFE-IP CANEMURE-FINLAND Projekti on saanut rahoitusta Euroopan unionin LIFE-ohjelmasta. Sisältö edustaa ainoastaan CANEMURE-projektin näkemyksiä ja EASME / Komissio ei ole vastuussa projektin sisältämän informaation mahdollisesta käytöstä.

hiilineutraalisuomi.fi

CANEMURE

Tuloksina saadaan kumulatiivinen hiilivaje metsässä tarkastelujakson yli laskettuna, keskimääräinen vuotuinen hiilivaje metsässä tarkastelujakson aikana, kumulatiivinen hiilivaje metsässä kumulatiivisesti metsästä korjattua puun sisältämää hiilimäärää ja energiasisältöä kohden laskettuna ja hiilivaraston vuotuinen pieneneminen metsässä puun korjuun seurauksena ajan funktiona.

Kumulatiivinen hiilivaje valitun tarkastelujakson lopussa lasketaan laskurissa valitun vuosittaisen puunkorjuumäärän, ositteiden osuuksien, korjuujakson pituuden ja tarkastelujakson pituuden perusteella. Korjuujakson pituus määrittää kuinka monena peräkkäisenä vuotena biomassan korjuuta valituilla korjuumäärällä ja ositteiden osuuksilla suoritetaan, kun taas tarkastelujakson pituudella määritellään, kuinka pitkän ajan yli metsän hiilivaraston muutosta tarkastellaan.

Vuosittain toistuvat metsäbiomassan korjuut kumuloivat hiilivajetta. Mitä pidempää korjuujaksoa tarkastellaan, sitä enemmän hiilivaje kumuloituu. Tarkastelujakson pituus vaikuttaa eri ositteiden kumuloimaan hiilivajeeseen eri tavoin. Hakkuutähteiden ja harvennuspuun korjuun kumuloima hiilivaje pienenee tarkastelujakson kasvaessa. Tämä johtuu siitä, että hakkuutähteet hajoavat metsään jätettynä ajan kuluessa ja harvennetussa metsässä puuston kasvu kiihtyy verrattuna harventamattomaan metsään. Päätehakuissa korjattavan puun osalta kumuloituva hiilivaje puolestaan kasvaa aluksi johtuen korjuun aiheuttamista kasvutappioista ja maaperän hiilivaraston pienenemisestä ensimmäisinä vuosikymmeninä verrattuna tilanteeseen, jossa korjuuta ei olisi tehty (Helin ym. 2016). Kumulatiivinen hiilivaje pienenee, kun korjuualoille kasvava uusi puusto saavuttaa jälleen hiilensidontakyvyn, joka on suurempi kuin tilanteessa, jossa päätehakkuita ei olisi tehty.

Laskuri piirtää kuvaajan ”hiilivaje metsässä ajan funktiona” yllä olevien periaatteiden ja simulaatioiden mukaan. Kuvaajasta nähdään puun energiakäytön vaikutus metsän hiilivarastoon ajan funktiona. Tämän avulla voidaan havainnoida, kuinka suuri on metsän hiilivaje tietynä vuonna tarkastellun metsäbiomassan korjuun lisäyksen seurauksena. Vuosittaista hiilivajetta voidaan suhteuttaa esimerkiksi vuosittaisiin päästöihin tai metsien kokonaisnieluuun.

## Laskurin sisältämiä oletuksia

- ▼ Hakkuutähteet kuusta, joissa oksien (latvusmassa) läpimitta 2 cm ja kantojen 30 cm (Liski ym. 2011).
- ▼ Kuutio korjattua biomassaa (m<sup>3</sup>) sisältää 0,2 tonnia hiiltä (t C). (Alakangas ym. 2016)
- ▼ Kuutio korjattua biomassaa sisältää 0,4 tonnia kuiva-ainetta (Alakangas ym. 2016)
- ▼ Puun kuiva-aineen energiasisältö: 19,25 GJ / tonni kuiva-ainetta (Alakangas ym. 2016)

## Lähteet

Alakangas, Eija, Markus Hurskainen, Jaana Laatikainen-Luntama, and Jaana Korhonen. 2016. Suomessa Käytettävien Polttoaineiden Ominaisuuksia, VTT Technology 258. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3591.0009>.

Helin, Tuomas, Hannu Salminen, Jari Hynynen, Sampo Soimakallio, Saija Huuskonen, and Kim Pingoud. 2016. Global Warming Potentials of Stemwood Used for Energy and Materials in Southern Finland: Differentiation of Impacts Based on Type of Harvest and Product Lifetime. *GCB Bioenergy* 8 (2): 334–45. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12244>.

Helin, Tuomas, Laura Sokka, Sampo Soimakallio, Kim Pingoud, and Tiina Pajula. 2013. Approaches for Inclusion of Forest Carbon Cycle in Life Cycle Assessment – a Review. *GCB Bioenergy* 5 (5): 475–86. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12016>.



LIFE17 IPC/FI/000002 LIFE-IP CANEMURE-FINLAND Projekti on saanut rahoitusta Euroopan unionin LIFE-ohjelmasta. Sisältö edustaa ainoastaan CANEMURE-projektin näkemyksiä ja EASME / Komissio ei ole vastuussa projektin sisältämän informaation mahdollisesta käytöstä.

Hynynen, Jari, Risto Ojansuu, Hannu Hökkä, Jouni Siipilehto, Hannu Salminen, and Pekka Haapala. 2002. Models for Predicting Stand Development in MELA System. Metsäntutkimuslaitos. <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/521469>.

Liski Jari, Anna Repo, Riina Känkänen, Pekka Vanhala, Jyri Seppälä, Riina Antikainen, Juha Grönroos, ym. 2011. Metsäbiomassan energiakäytön ilmastovaikutukset Suomessa. Suomen ympäristökeskus. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/37051>.

Matala, J., J. Hynynen, J. Miina, R. Ojansuu, H. Peltola, R. Sievänen, H. Väisänen, and S. Kellomäki. 2003. Comparison of a Physiological Model and a Statistical Model for Prediction of Growth and Yield in Boreal Forests. *Ecological Modelling* 161 (1): 95–116. [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(02\)00297-1](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(02)00297-1).

Pingoud, Kim, Tommi Ekholm, Sampo Soimakallio, and Tuomas Helin. 2016. Carbon Balance Indicator for Forest Bioenergy Scenarios. *GCB Bioenergy* 8 (1): 171–82. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12253>.

Repo, Anna, Mikko Tuomi, and Jari Liski. 2011. Indirect Carbon Dioxide Emissions from Producing Bioenergy from Forest Harvest Residues. *Global Change Biology* 3: 107–15. <https://doi.org/10.1111/j.1757-1707.2010.01065.x>.

Salminen, Hannu, Mika Lehtonen, and Jari Hynynen. 2005. Reusing Legacy FORTRAN in the MOTTI Growth and Yield Simulator. *Computers and Electronics in Agriculture, Decision Support Systems for Forest Management*, 49 (1): 103–13. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2005.02.005>.



LIFE17 IPC/FI/000002 LIFE-IP CANEMURE-FINLAND Projekti on saanut rahoitusta Euroopan unionin LIFE-ohjelmasta. Sisältö edustaa ainoastaan CANEMURE-projektin näkemyksiä ja EASME / Komissio ei ole vastuussa projektin sisältämän informaation mahdollisesta käytöstä.