

# Ekosysteemin hiilitaseen mittaaminen

Ekosysteemin hiilitase tarkoittaa ekosysteemin hiilivaraston muutosta tietyssä ajassa, esimerkiksi vuodessa. Kun hiilivarasto kasvaa, ekosysteemi toimii hiilinieluna.

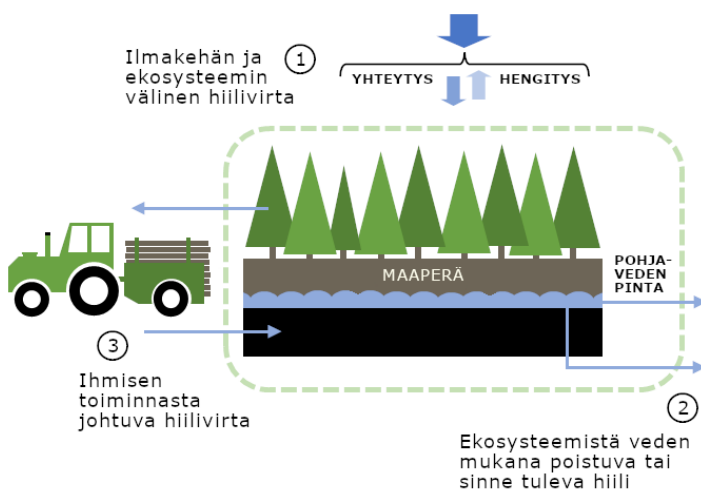
Hiilitaseen voi määrittää kahdella tavalla:

- mittaamalla ekosysteemin hiilivarastojen suuruus eri aikoina
- mittaamalla hiilen virrat

Kuva: Riku Lumiaro

## Hiilivarastojen mittaus

Hiilitaseen määrittämiseksi mitataan sekä maan että kasvillisuuden hiilivarastojen kehitys. Tämä tapa on epävarma, työläs ja hidas, sillä maaperän hiilivaraston muutosten havaitseminen vaatii vähintään 10 vuoden aikajänteen.



Kuva: Ilmatieteen laitos

## Hiilivirtojen mittaus

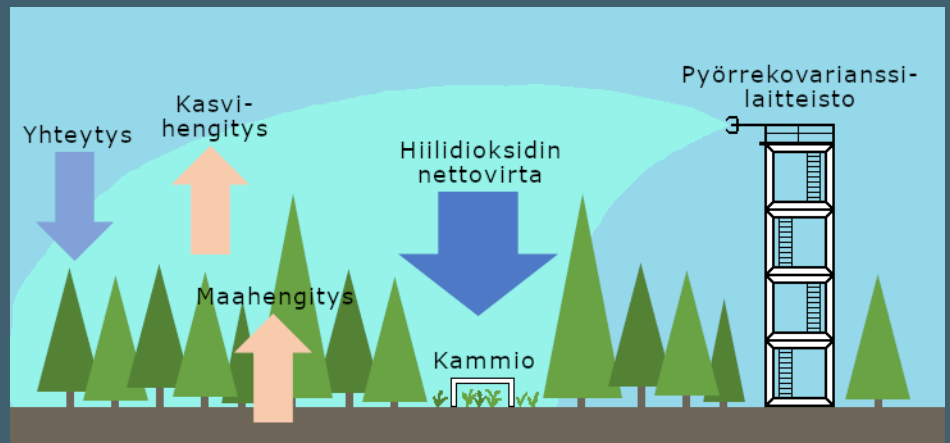
Hiilitase määritetään mittaamalla ekosysteemiin tulevat ja siitä lähtevät hiilivirrat.

Ekosysteemi vaihtaa hiiltä ympäristönsä kanssa pääasiassa kolmella tavalla:

1. ilmakehän hiilidioksidia sitoutuu yhteytyksessä kasveihin ja edelleen metsämaahan, ja sitä vapautuu maaperän ja kasvien hengityksessä takaisin ilmakehään
2. veden mukana hiiltä kulkeutuu sekä orgaanisessa että epäorgaanisessa muodossa
3. ihmisen toiminta, kuten lannoitus, sadonkorjuu ja metsänhakkuu, aiheuttaa hiilivirran ekosysteemin ja sen ympäristön välille

Näistä hiilivirroista veden mukana kulkeutuvan hiilen (2) osuus on yleensä pieni mutta mitattavissa. Ihmistoiminnan luomat hiilivirrat (3) ovat merkittävästi suuremmat, ja ne voidaan helposti määrittää punnitsemalla sadonkorjuun ja lannoituksen mukana lähtevä ja tuleva hiili. Hiilenvaihto ekosysteemin ja ilmakehän välilläkin (1) voidaan määrittää, mutta se vaatii hiilidioksidin, ja joissakin tapauksissa myös metaanin, vaihdon jatkuvatoimista mittausta.

# Ilmakehän ja ekosysteemin välistä hiilenvaihtoa mitataan pyörrekovarianssi- ja kammiomenetelmillä



Kuva: Ilmatieteen laitos

## Ilmakehän ja ekosysteemin välisen hiilivirran mittaaminen

Hiilivirtaa ekosysteemin ja ilmakehän välillä voidaan mitata pienen pinta-alan kattavalla kammiolla tai suurempaa aluetta edustavalla pyörrekovarianssimenetelmällä (eddy covariance method).

Pyörrekovarianssimenetelmä perustuu tuulen pyörteiden ja kaasupitoisuuden nopeaan havainnointiin. Tuulen ja hiilidioksidipitoisuuden yhteisvaihtelusta voidaan laskea hiilidioksidin pystysuuntainen nettovirta, joka sisältää sekä yhteyttämisen että hengityksen vaikutuksen. Menetelmä soveltuu myös esimerkiksi metaani-päästöjen mittaamiseen.

Kammiomittauksessa seurataan kaasupitoisuutta suljetussa laatikossa, joka asetetaan maahan tai kasvin ympärille. Pitoisuuden muutos kammiossa kertoo kaasuvirran tutkittavan kohteen ja ilman välillä.

Kammiomittauksia on mahdollista tehdä ilman monimutkaista infrastruktuuria ekosysteemin eri osista. Ne mahdollistavat paikallisen vaihtelun tutkimisen, mutta toisaalta häiritsevät kasvillisuutta ja maaperää.

Pyörrekovarianssimittaukset ovat teknisesti monimutkaisempia ja vaativat mittausmaston. Menetelmä tuottaa jatkuvaa aikasarjaa ekosysteemin kaasunvaihdosta häiritsemättä mittauskohdetta. Maailmanlaajuisissa mittausverkoissa hiilitaseita mitataan pyörrekovarianssimenetelmällä, ja pisimmät aikasarjat kattavat jo kymmeniä vuosia.

## Mittauksista vuositaseisiin

Pyörrekovarianssimenetelmä mittaa hiilenvaihtoa puolen tunnin välein, ja näistä lyhytaikaisista havainnoista voidaan laskea päivä-, kuukausi- ja vuositaseita. Käytännössä mittausaikasarjassa on kuitenkin aina katkoja esimerkiksi laiteongelmien tai liian heikon tuulen takia. Siksi aikasarja täytyy taseiden määrittämiseksi täydentää.

Täydentäminen onnistuu siten, että hiilenvaihdosta saatu data yhdistetään erilaisista ympäristömuuttujista saatavilla olevaan dataan ja näin pystytään mallintamaan yhteyttämisen ja hengityksen riippuvuus erilaisista ympäristömuuttujista, esimerkiksi auringon säteilystä ja lämpötilasta. Tällaisella paikkausmallilla tietyn ajankohdan hiilen vaihto voidaan arvioida ympäristömuuttujia koskevan datan perusteella. Aikasarjojen täydentämisessä hyödynnetään nykyisin koneoppimismenetelmiä.

Hiilivirtoja mallitetaan myös ns. prosessimalleilla, joihin kuuluu esimerkiksi IBC-Carbon-, C-NEUT- ja ForClimate-hankkeissa käytetty PREBAS-malli. Prosessimalleissa hiilen kiertoon vaikuttavat monimutkaiset prosessit on kuvattu niin tarkasti, että malleja voi käyttää myös tilanteissa, joihin niitä ei ole erikseen sovitettu (ks. PREBAS-tietokortti).

Prosessimalleilla hiilitaseita voidaan mallittaa laajoille alueille, jopa globaalisti. Niiden avulla voidaan myös arvioida tulevaisuuden hiilitaseita lämpötilan ja muiden ympäristötekijöiden ennusteisiin pohjautuen.

### Kirjoittajat:

Annalea Lohila, Mika Aurela, Juha-Pekka Tuovinen, Tiina Markkanen, Esko Karvinen, Leif Backman, Milja Männikkö (etunimi.sukunimi@fmi.fi); Ismael Lozano, Francesco Minunno, Anna Lintunen (etunimi.sukunimi@helsinki.fi); Virpi Juntila (etunimi.sukunimi@syke.fi)

Lisätietoa hiilitaseen mittaamisesta [C-NEUT-hankkeen](#) ja [ForClimate-hankkeen](#) verkkosivuilta.

KIINNOSTUITKO?  
Ota yhteyttä:

Konsortion johtaja **Martin Forsius**, Suomen ympäristökeskus, [martin.forsius@syke.fi](mailto:martin.forsius@syke.fi), puh. 0295 251 118  
Professori **Annalea Lohila**, Ilmatieteen laitos ja Helsingin yliopisto, [annalea.lohila@fmi.fi](mailto:annalea.lohila@fmi.fi), puh. 050 3663 242  
[www.ibccarbon.fi](http://www.ibccarbon.fi) | Twitter. @IBCCarbon