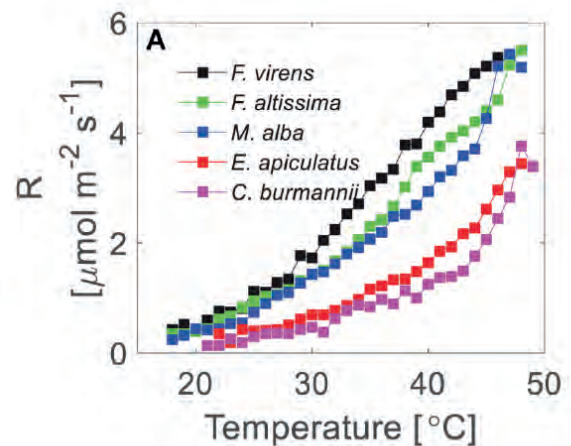
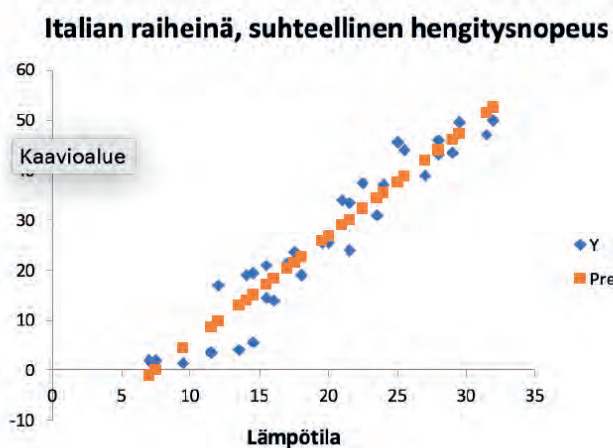


Kivennäismaan ja eloperäisen maan  
peltojen hiilidioksidin dynamiikasta

Veli Pohjonen 18.1.2022

# Johdanto

1. Hiilidioksidi ( $\text{CO}_2$ ) on eläin- ja kasvikunnan tärkein yhdiste happimolekyylin ( $\text{O}_2$ ) tapaan. Eläimet ja kasvit säätelevät energiatalouttaan hengittämällä ulospäin hiilidioksidia.
2. Kasveilla ja vaihtolämpöisillä eläimillä, maaperän sienet ja mikrobisto mukaan lukien, hengitys riippuu lämpötilasta. Hengitys, hiilidioksidin tuotanto ja ylipäänsä hiilidioksidin päästöiksi kutsuttu ilmiö ovat sitä voimallisempia, mitä korkeampi on ekosysteemin lämpötila.
3. Kuvan 1 esimerkeissä on kuvattu eri kasvien hengitystä ekosysteemin lämpötilasta riippuen. Kasvien hengitys mitataan pimeässä laboratoriossa ("dark respiration"), jotta valon ja fotosynteesin aiheuttama hiilidioksidin vähenemä ei vaikuta tuloksiin.

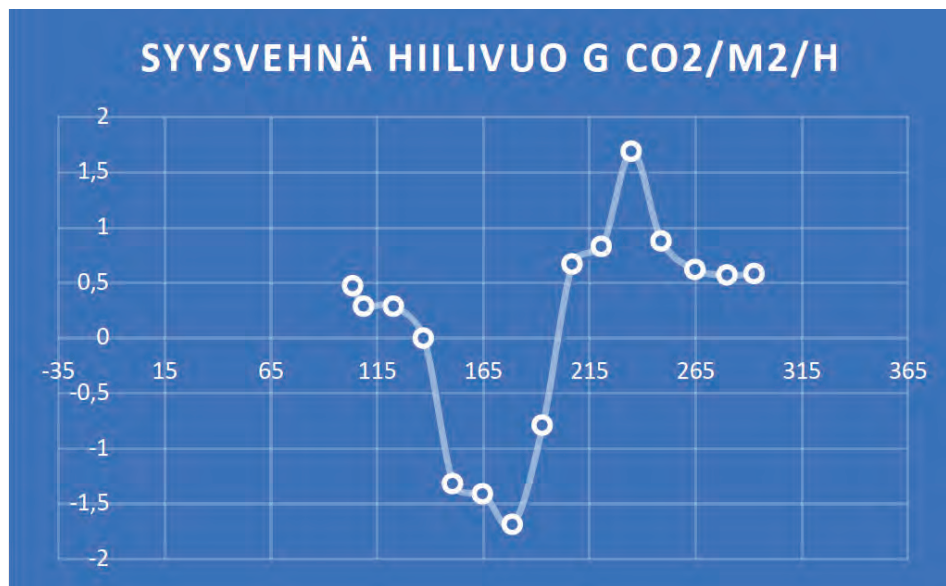


Kuva 1. A (vasen): Italian raiheinän hengitysnopeus (viite 1, 1975), B: eri puulajien hengitysnopeus (viite 2, 2021).

4. Kasvien hengitysnopeus riippuu kasvilajista. Yhtenevää kuitenkin on suoraviivaisuuden sääntö, kun lämpötila on kasvukauden normaalissa lämpötilan haarukassa 5-30 Celsius -astetta. Seurauksena on, että kasvit ja koko ekosysteemi hengittävät ("päästävät hiilidioksidia") nimenomaan kasvukauden lämpimässä vaiheessa. Esimerkiksi Suomessa kaikki peltomaat päästävät hiilidioksidia enemmän kasvukauden lopussa kuin kasvukauden alussa, enemmän syyskesällä kuin kevätkesällä.

## Hiilivuo kertoo peltoviljelyn vuotuisen nieluvirran tai päästövirran

5. Hiilivuo kuvaa maa- tai metsäekosysteemin hiilidioksidin virtaa ajan myötä. Tuoreimpia hiilivuon mittauksia Suomessa on tehnyt kasvukautena 2021 Data-sense Oy (viite 3), yhteistyössä HKScan yhtiön (viite 4) kanssa, noin 20 maatilan pelloilla eri puolilla Suomea. Kuvan 2 esimerkki on normaalilla syysvehnän pellolla mitattu hiilidioksidin virta kasvustosta taivaalle tai taivaalta kasvustoon koko vuoden ajan, yksikössä grammaa hiilidioksidia neliometriä kohti tunnissa. Kun ekosysteemistä lähtee taivaalle hiilen (hiilidioksidin) lähdevirta, hiilivuo on numeerisesti positiivinen. Kun ekosysteemiin päätyy hiilen nieluvirta, hiilivuo on numeerisesti negatiivinen.



*Kuva 2. Hiilivuon mitausarvot vuoden 2021 aikana kivennäismaan normaalilla syysvehnäpellolla. Positiiviset arvot kuvaavat hiilidioksidin päästövirtaa, negatiiviset arvot hiilidioksidin nieluvirtaa. Vaaka-akselina on vuoden 365 vuorokauden jakso. Lähde: Datasense Oy.*

6. Hiilivuon kuvaajasta voi summaamalla laskea kasvuston koko vuoden hiilen (hiilidioksidin) taseen. Tase kertoo, onko kyseinen ekosysteemi toiminut vuoden aikana keskimäärin hiilidioksidin päästäjänä, vai onko se keskimäärin vahvistanut hiilen nieluaan. - Esimerkkikuvan syysvehnä on ollut vuonna 2021 keskimäärin hiilidioksidin hienoinen päästäjä.
7. Kun vuosi alkaa (pvm arvolla 1) hiilivuo on normaalivuonna nollassa. Maa on roudassa, kasvusto ei yhteytä eikä maaperä hengitä. Kun maaperä sulaa roudasta, maaperän hengitys alkaa vähitellen. Esimerkkikuvassa ensimmäinen mittaus oli 15. huhtikuuta ja hiilidioksidin päästöt olivat jo alkaneet; ne olivat edenneet haarukkaan 0-5 kg CO2/m2/h.

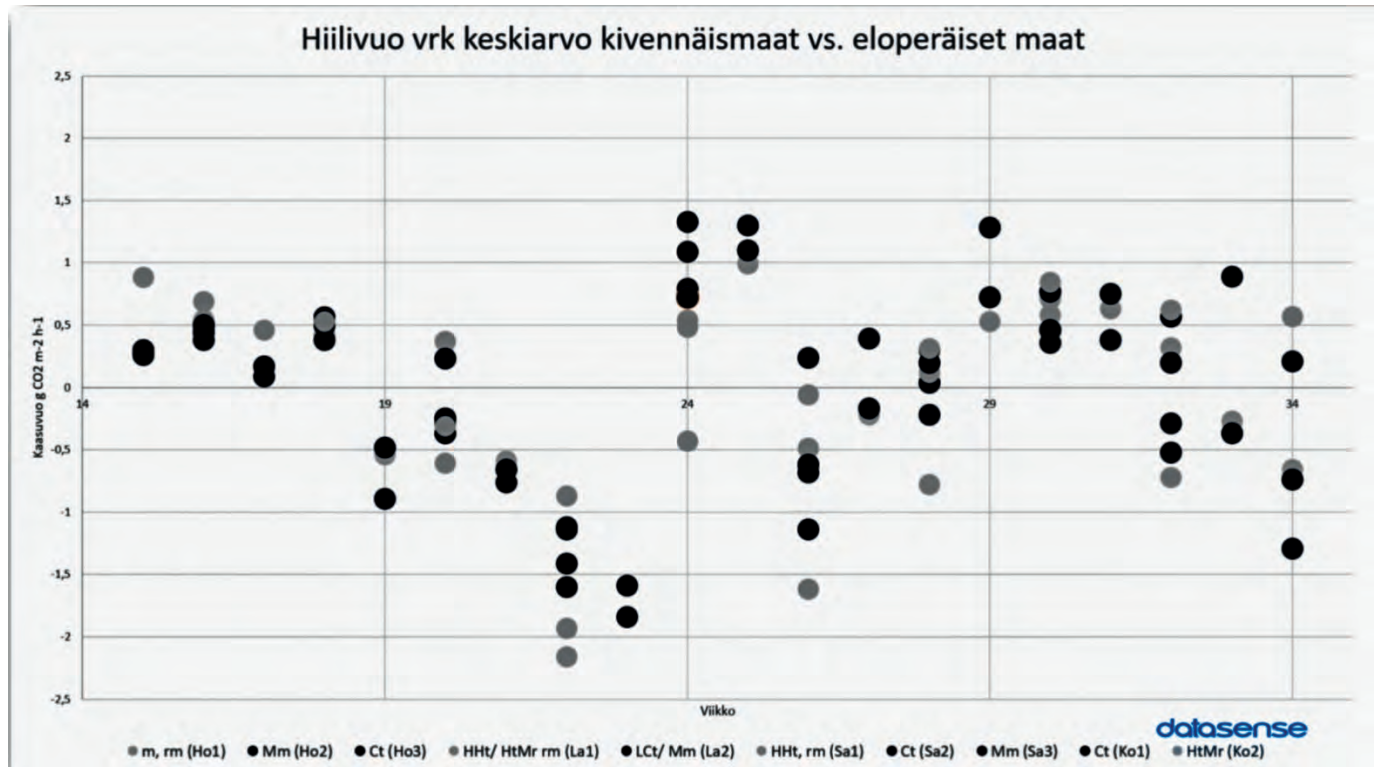
8. Kun kasvukausi varsinaisesti alkaa, syysvehnän vihreä lehvästö peittää maan, yhteyttäminen voittaa määrällään kokonaishengityksen (maaperä + kasvusto) ja taseena syysvehnän ekosysteemiin kohdistuu hiilidioksidin nieluvirta. Esimerkkikuvassa tämä ilmastolle positiivinen käänös tapahtui päivänä 137 (pvm 18.5.2021).
9. Hiilen nieluvirta oli vahvimmillaan kesäkuun ajan, kun syysvehnän kasvu jatkui vahvan vihreänä. Huipussaan (-1,7 g CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/h) hiilidioksidin nieluvirta oli päivänä 179 (pvm 29.6.2021). Sen jälkeen syysvehnä alkoi tuleentua, vihreä lehvästö alkoi muuttua väriltään keltaiseksi, yhteyttäminen heikkeni, ja päivänä 200 (pvm 20.7.2021) syysvehnän ekosysteemi kääntyi hiilidioksidin lähteeksi (päästövirraksi).
10. Huipussaan (+1,7 g CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/h) hiilidioksidin lähdevirta - hiilidioksidin päästöt - oli puinnin aikaan (päivä 235, pvm 24.8.2021). 11. Puinnin jälkeen verraten lämmin maaperä jatkaa hengitystä. Se kuitenkin vähenee asteittain syksyn viiletyksessä. Esimerkkiviljelmällä viimeinen mittaus oli päivänä 293 (pvm 21.10.2021). Hiilidioksidin päästöt olivat vielä yli tason 0,5 g CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/h. Sen jälkeen päästöt lienevät asteittain pudonneet nolnaan vuoden loppuun mennessä.
12. Peltoekosysteemien hiilivuon haaste on vahvasti riippuvainen lehtivihreän määrästä ja pysyvyydestä. Eräs ratkaisu on lohkoviljelyn menetelmä. Osalla peltoalaa viljellään kasveja, jotka kasvavat mahdollisimman vehreinä aina kasvukauden loppuun asti (kuva 3).



**Kuva 3. Hiilivuon haaste: lohkoviljelyä hiilidioksidia päästäen ja hiilidioksidia sitoen. A: (vasen, 20.8.2021 Kouvola): tuleentunut ohra ja kasvuaan jatkava Klara-paju. B: (oikea, 4.9.2021 Siikajoki): tuleentunut kaura ja kasvuaan jatkava kuituhamppu.**

## Maalajien välisiä eroja normaaliviljelyssä

13. Datasense Oy on hiilivuon mittauksissaan vertaillut myös kivennäismaan ja eloperäisten maiden hiilivuota lähes koko kasvukauden ajan, viikkojen 14 (7.4.2021 alkaen) ja 34 (25.8.2021) välillä (kuva 4).



*Kuva 4. Hiilivuon välisiä eroja normaaliviljelyssä kivennäismaan pelloilla (vaaleat pisteet) ja turvemaan pelloilla (tummat pisteet).*

14. Keskimäärin laskien hiilivuon tulokset olivat hivenen yllättäviä. Normaaliviljelyssä ei kasvukauden 2021 aikana ollut eroja kivennäismaan ja eloperäisen maan peltoviljelyn hiilivuossa.
15. Vaikka kyseessä on vasta yhden kasvukauden mittaukset (joita on toistettava muutaman vuoden ajan), jo alustavat tulokset kertovat peltojen hiilidioksidin dynamiikasta. Kun hoidettu kasvusto on vahvan lehtivihreän peitossa, se saa aina aikaan hiilidioksidin nieluvirran, olipa kyseessä kivennäismaan pelto tai eloperäisen maan pelto.
16. Lehtivihreättömänä aikana normaalisti viljelty pelto saa aikaan hiilidioksidin päästövirran, olipa kyseessä kivennäismaa tai eloperäinen maa. Normaali peltoviljely tuottaa aina sekä juuri- että lehtihumusta maaperään. Pääosa tästä humuksesta hajoaa seuraavan kasvukauden aikana hiilidioksidiksi, olipa kyseessä kivennäismaa tai eloperäinen maa.

## Johtopäätöksiä

17. Hiilidioksidin dynamiikan tutkimukset ohjaavat ilmastokamppailun peltoviljelyä jatkossa enemmän vehreyden, kasvukauden aikaisen vahvan lehtivihreän suuntaan. Erityisen tärkeää vihreän kasvillisuuden kattavuus on kasvukauden loppupuolella, kun maaperän lämpötila on selvästi korkeampi kuin kasvukauden alussa (kuva 5).



*Kuva 5. Myöhäisen kasvukauden hiilen nieluvirran kasvustoja. A (vasen 26.9.2019): Gudrun -pajun kasvusto vihreänä Kuusamon jäteveden puhdistamolla. Ruska jo ohittanut taustan koivikot. B (oikea 4.9.2021): kuituhampun viljelmä Tyrnävällä jatkaa syyskuuta vihreänä.*

18. Hiilidioksidin nieluvirtoja vahvistavia, lupaavia, myöhään syksyllä vehreinä säilyviä viljelykasveja ovat seuraavat neljä: (1) loppusyksyn vihreistä riistapelloista tuttu yksivuotinen Italian raiheinä, (2) monivuotinen, turvesuon pohjille hyvin sopiva rehukasvi ruokohelpi, (3) yksivuotinen, uuden biotalouden raaka-ainekasvi kuituhamppu ja (4) sekä kivennäismaalle että eloperäiselle maalle jalostettu myöhään kasvava Salix -paju.
19. Yksivuotinen, hiilidioksidin päästöjä aiheuttava viljanviljely voi jatkua niin kivennäismaan kuin eloperäisen maan pelloilla joko vuoroviljelyn periaatteella tai lohkoviljelyn (peltometsäviljelyn) periaatteella. Vuoroviljelyssä vuorottelevat yhtäältä yksivuotiset viljat ja toisaalta kohdan 18 kasvilajit. Tavoitteena on keskimäärin positiivinen hiilen nieluvirta esimerkiksi 10 vuoden aikajaksolla - niin kivennäismaan pellolla kuin eloperäisen maan pellolla.
20. Lohkoviljelyssä (peltometsäviljelyssä, AgroForestry) päälohkolla A viljellään mitä tahansa yksivuotista kasvia tai monivuotista nurmea. F-lohkolla viljellään esimerkiksi kuvien 3A tai 5A mukaisesti Salix -pajua. Myös lohkoviljelyssä on tavoitteena keskimäärin positiivinen hiilen nieluvirta, jopa seuraavan viiden vuoden aikana. – niin kivennäismaan pellolla kuin eloperäisen maan pellolla.

## Viitteitä ja lähteitä:

- (1) Pohjonen, V. 1975. A dynamic model for determining the optimum cutting schedule of Italian ryegrass. J. Scient. Agric. Soc. Finl. 47:71-137. (Dissert.). ([Load PDF](#))
- (2) Xu M, Liáng LL, Kirschbaum MUF, Fang SY and Yu YN (2021) Short- Term Temperature Response of Leaf Respiration in Different Subtropical Urban Tree Species. Front. Plant Sci. 11:628995. doi: 10.3389/fpls.2020.628995. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2020.628995/full>
- (3) Datasense: hiilivuon mittaukset <https://www.datasense.fi/tuote/hiilivuoanalyysaattorit-jarespiraatioanalyysaattorit/>
- (4) HKScan: Peltojen hiilensidonnan tehostaminen <https://www.hkscan.com/fi/uutishuone/pressreleases/2021/10/peltojen-hiilensidonnan-tehostamisella-c4088420/>