

Yksinkertaisia ja toimiviksi todettuja tapoja tutkia maaperän hiilitaseita

HEIKKI SIMOLA

Tieteellinen innovaatio ei välttämättä edellytä jonkin jo olemassa olevan menetelmän, tekniikan tai laitteen parantelua vielä entistäkin tarkemmaksi tai monimutkaisemmaksi. Joskus riittää, kun pysähtyy pohtimaan, mikä oikeastaan on ongelma ja missä ilmiötä selkeimmin voidaan havainnoida ja mitata. Oikean tutkimuspaikan löytäminen on ratkaisevan tärkeää. Paraskaan menetelmä tai laajakaan aineisto ei voi tuottaa tulosta, jos tutkimuspaikat on valittu väärin. Tässä tekstissä esittelen tutkimuksia, joissa olen itse ja työtovereideni kanssa selvittänyt kolmea maankäytön aiheuttamien hiilivuotojen keskeistä teemaa: suo-ojitusten ja kangasmaiden muokkauksen vaikutuksia maaperän hiilivarastoihin sekä turpeen kaivuun vesistö päästöjä.

Tausta

Sotien jälkeen metsätalouden tehostuminen, johon kuuluivat maanmuokkaus ja soiden ojitus, käynnistyi ympäri Suomea ilman kattavaa seurantaa. Metsä- ja suoluonnon muutokseen herättiin kovin myöhään, ja erityisesti jälkikäteen on ollut vaikeaa arvioida maaperähiilen muutosten suuruutta, koska vertailukelpoista tietoa alkutilanteesta ei juuri ole saatavilla.

Maankäytön aiheuttama vesistökuormitus on pitkään ollut keskeinen kiistakysymys, joka on herättänyt kansalaisissa huolta, mutta johon tutkijat eivät ole osanneet kertoa selkeitä vastauksia. Ilmastomuutoksen myötä ekosysteemien hiilitaseet ja niiden muutokset nousivat tutkimuksen keskiöön, ja tästä tuli vielä vesistökuormitustakin vaikeampi ongelma tutkittavaksi.

Usein ongelmalliseksi on osoittautunut tutkimusasetelma, jossa vertaillaan kohteita (pareittain tai ryhminä) siten, että toisen oletetaan edustavan käsiteltyä tilaa ja toisen käsittelemätöntä vertailutilaa. Lähtötilojen

vertailukelpoisuus jää yleensä arvailun varaan, jolloin tulokset voivat olla hyvinkin ristiriitaisia. Heikko aineisto voi johtaa virheelliseen päätelmään, että mitään merkittävää muutosta ei ole tapahtunut.

Luonto ei kuitenkaan jätä pulaan, ja yksinkertainen tutkimusasettelu eli *keep it simple* -periaate (KISS) on hyvä lähtökohta. Seuravassa esiteltävien tutkimusten keskeisiä ideoita ovat:

1. Muutosta kannattaa tutkia paikoissa, joista on olemassa perustietoja muutosta edeltäneestä tilanteesta.
2. Muutoksia voidaan mitata rajakohdissa, joissa tutkittava käsittely rajautuu jyrkästi saman ekosysteemikuvion muuttumattomana säilyneeseen osaan.

Suo-ojituksen vaikutus turpeen hiilivarastoon

Suomen Akatemian tutkimusprojektissa (2009–2011, hanke 127107) selvitettiin



Kuva 1. GPS-paikannuksen tarkkuus osoittautui varsin hyväksi vanhoja GTK:n turvekairauspisteitä jäljitettäessä (Simola ym. 2012). Vuonna 2009 Pieksämäen Aumakankaansuolla löysimme jopa alkuperäiset, GTK:n 1980-luvun kairausreiät oman kairauspisteemme vierestä. Kuva: Heikki Simola.

Figure 1. GPS proved to be quite accurate in locating the original 1980s coring sites of the peat inventory studies of the Geological Survey of Finland which we attempted to re-analyse in 2009 (Simola et al. 2012). At this site, Aumakankaansuo bog in Pieksämäki, we found the old GTK coring holes still intact only 0.5 m away from our coring spot located by GPS-coordinates. Photo: Heikki Simola.

ojituksen vaikutuksia molempien edellä mainittujen periaatteiden mukaisesti. Tärkeänä lähtöaineistona käytettiin Geologian tutkimuskeskuksen (GTK) 1980-luvun turveinventointeja, joissa jokaiselta tutkitulta suolta oli määritetty yksi tai useampia kvantitatiivisia turpeen tilavuuspainoprofiileja 20 cm resoluutiolla. Koko maan kattavasta aineistosta valittiin noin neljäkymmentä suota, joissa tarkkaan mitattu profiili sijaitsi suhteellisen lähellä inventointilinjan lähtöpistettä suon reunassa (mikä helpotti sen löytämistä) ja joissa turvekerroksen alkuperäinen paksuus mittauskohdassa oli noin 2 metriä. Lisäkritereinä oli, että

tutkimusalueiksi valittiin viisi kuntaa, joiden inventoinnit oli tehnyt GTK:n tietty kenttätöryhmä, joka oli tunnettu kunnianhimoisen tarkasta työn laadustaan (Jukka Turunen, henkilökohtainen tiedonanto).

GPS-paikannuksella alkuperäiset kairauspaikat löydettiin usein aivan täsmällisesti (kuva 1), ja kvantitatiivinen näytteenotto sekä mittaukset toistettiin selkein tuloksin (Simola ym. 2012). Useimmilla paikoilla merkittävää hiilihävikkiä osoittivat sekä turvekerroksen oheneminen että turvemassan vähenemä. Keskimääräinen hiilihävikki osoittautui merkittävästi suuremmaksi kuin aiemmissa tutki-



Kuva 2. Ilomantsin Rahesuo ojitamattoman ja ojitetun puolen turveprofiilien vertailu. Reunaosan eri puolilta kairatut näytteet on asetettu rinnakkain vaaituksella mitatun pinnan korkeuden mukaisesti. Ojitetun puolen pinta (oikeanpuoleinen näyte) oli 27 cm ojitamatonta alempana. Visuaalinen turvekerrosten rinnastus osoittaa, että alenema johtuu nimenomaan pintaturpeen häviämisestä (Pitkänen ym. 2013). Kuva: Heikki Simola.

Figure 2. Comparison of two surface peat profiles collected from the intact (left) and drained (right) sides of the partially ditch-drained bog Rahesuo in Ilomantsi (Pitkänen et al. 2013). The cores are aligned according to surface levelling; surface on the drained side was 27 cm lower than on the intact side. Visual comparison shows that the lower parts of the profiles appear identical, indicating that the subsidence is due to the loss of the surface peat. Photo: Heikki Simola.

muksissa, joissa käytettiin eri menetelmiä (vrt. Turunen & Valpola 2020).

Samoilta paikoilta Aki Pitkänen selvitti pintaturpeen näennäistä kertymää männyn- taimien juurenniskamittausten avulla (Pitkänen ym. 2012). Tämä klassinen menetelmä

(Lindholm 1989) osoitti, miten näennäinen turpeen vuosikasvu likimain nollautuu muutamassa vuosikymmenessä turpeen hajoamisen seurauksena.

Kolmas tärkeä osahanke tässä projektissa toteutettiin Ilomantsin Rahesuolla. Laaja viettokaidas oli osittain ojitettu 1970-luvulla juuri oikealla tavalla eli täsmälleen vieton ja veden virtauksen suuntaisesti. Vaaituksen ja rinnakkaisten näyteprofiilien kvantitatiivisella ja stratigrafisella vertailulla pystyttiin todistamaan, miten ojitus on johtanut erityisesti pintaturpeen huomattavaan häviämiseen (kuva 2; Pitkänen ym. 2013; jatkotöitä mm. Nykänen ym. 2020).

Maanomistusrajoista johtuvia vastaavia tahattomia koejärjestelyjä löytyy ympäri Suomea. Olennaista on, että ojitus suuntautuu suon kaltevuuden mukaisesti. Jos ojitattoman osan ylä- tai alapuoliset osat on ojitettu, muutokset, kuten turpeen painuminen ja tiivistyminen, ulottuvat vaikeasti arvioitavilla tavoilla myös näennäisesti luonnontilassa säilyneisiin osiin.

Muokkauksen vaikutus kangasmaiden maaperähiilivarastoon

Avohakkuun jälkeinen kangasmaan muokkaus levisi 1970-luvulla ällistyttävän nopeasti koko maahan käytännössä täysin ilman tutkimusta muokkauksen kokonaisvaltaisesta vaikutuksesta ekosysteemiin (Siiskonen 2007). Hiilitaseiden noustua ilmaston lämpenemisen myötä keskeiseksi tutkimuskysymykseksi, on käynyt kiusallisesti ilmi, että suomalaisessa metsän uudistamiseen liittyvässä laajassa tutkimustoiminnassa lähtötilannetta, siis metsämaan alkuperäistä hiilivarastoa, ei ole ilmeisesti lainkaan mitattu koealoja perustettaessa.

Tahattomia koejärjestelyjä tähänkin kysymykseen löytyy ympäri Suomen. Monen kansallispuiston ja muun luonnonsuojelualan

rajat näkyvät ilmakuvissa, sillä eriasteisia metsän käsittelyjä on usein ulotettu aivan suojele-alueen rajaan asti. Lisäksi pohjoisimmassa Lapissa metsiä on laajasti käsitelty nk. kaistalehakuilla, eli avohakkuita on tehty 50–60 metriä leveinä ja satojen metrien mittaisina sarkoina, joiden väliin on jätetty vastaavan levyiset luonnonmetsäkaistaleet.

KISS-periaatteen mukainen tutkimusidea ni muokkauksen vaikutusten mittaamiseen oli yksinkertainen: kairataan maaperänäytteitä (20 + 20 näytettä) molemmilta puolilta tällaisia rajalinjoja, ja määritetään maannoksen hiilisisältö hehkutuskevennyksellä. Harmillisesti kyseiselle tutkimukselle ei myönnetty rahoitusta, joten toteutin tutkimuksen itse. Keräsimme siis vaimoni kanssa viitenä kesänä aineistoa Hangosta Enontekiölle: lähes 4000 näytettä yli 90 tutkimuslinjalta. Tulokset olivat varsin selkeitä (Simola 2017): avohakkuun yhteydessä tehty maanmuokkaus vähentää maaperän hiilivarastoa selvästi ja pitkäkestoisesti.

Suomen LULUCF-sektorin raportoinnissa kangasmetsien maaperän hiilitasetta laske-taan nk. YASSO-mallilla (uusin versio YASSO 15), joka mallintaa ainoastaan puuston ja muun kasvillisuuden tuottaman karikkeen eri jakeiden hajoamista lämpötilan ja kosteuden funktiona. Malli ei kuitenkaan huomioi maanmuokkauksen aiheuttamaa, usein merkittävää ja pitkäkestoista alenemaa maaperähiilen kokonaismäärässä.

Turpeen kaivun vesistökuormitus

Turpeennostoalueiden vesistökuormitus on laiminlyöty ongelma, jonka tutkiminen jälkikäteen on useimmiten mahdotonta. Turpeenkorjuualueiden kuormitus yleensä sekoittuu muuhun ojitetuilta soilta tulevaan turveliete- ja humuskuormaan.

Julkaisussa Simola (2021) esitellään kaksi pohjoiskarjalaista kohdetta, joissa turpeenkorjuualueiden kuormitus ilmenee selvästi.

Innovaatio tässä tapauksessa oli löytää tutkimuskohteeksi sedimentaatioympäristöt, joissa turvelietteen kertymä voidaan tunnistaa ja mitata. Näissäkään tapauksissa ei kuitenkaan ole mahdollista kvantifioida koko kuormitusta, sillä kevyt liete osittain hajoaa, osittain kulkeutuu vesistössä eteenpäin ja osittain kasautuu rannoille. Lähteessä Simola (2021) esiteltyt suotuisat tutkimuskohteet ovat keskenään täysin erilaisia. Haarakjärven sedimentissä on massiivinen savikerros merkinä Linnansuon laajan turvekentän läpi virtaavan Koskutjoen perkauksesta. 1970-luvulla tehty perkaus liittyi nimenomaan turvekentän valmisteluun. Olimme tutkineet Haarakjärven sedimenttejä Joensuun yliopiston harjoituskursseilla useaan kertaan jo 1990-luvulta alkaen, ja havainneet sedimentin järven kahdessa syvänteessä olevan vuosilustoista. Siten oli mahdollista arvioida jopa sedimentin vuotuista laskeumaa järven syvänteissä ennen turvekenttien avaamista ja sen jälkeen. Toinen koejärjestely käynnistyi Pielisjoella, kun vuonna 1971 Kuurnan voimalaitoksen padon taakse nostettiin Kangasveden allas monta metriä joen alkuperäistä pintaa ylemmäksi. Tällöin veden alle jääneellä alueella käynnistyi sedimentaatio entisten puroraviinien pohjille, jotka ovat nykyisin Kangasveden suojaisia lahtia. Henna-Kaisa Meriläinen selvitti opinnäytteessään sedimenttikertymiä kahden turvekenttien läpi virtaavan ja kahden maa- ja metsätalousalueilta tulevan puron uponneissa suistoissa (Meriläinen 2015). Selvät erot pohjalietteen määrissä ja koostumuksissa auttoivat arvioimaan turpeenkorjuualueiden kuormitusta, jota pelkästään nykyisiä purouomia tutkinut konsultti ei ollut lainkaan havainnut (Pölönen ym. 2017).

Lopuksi

Yllä esiteltyt tutkimushankkeet ovat esimerkkejä bio- ja geotieteiden välimaastoon sijoittuvasta paleoekologisesta ympäristömuutosten

tutkimuksesta, jota nykyisessä Itä-Suomen yliopistossa Joensuussa, on harjoitettu jo 1970-luvulta alkaen. Paleoekologisen tutkimuksen pioneereja silloisella Karjalan tutkimuslaitoksen ekologian osastolla olivat Jouko Meriläinen ja Pertti Huttunen. Tämän tekstin kirjoittaja opiskeli Helsingin yliopistossa kasvitiedettä, siirtyi Joensuuhun vuonna 1981 ja väitteli vuosikerrallisista järvisedimenteistä vuonna 1983 (Simola 1983). Alun perin paleolimnologiaan eli järvisedimentteihin painottunut joensuulainen tutkimus laajeni turveaiheisiin, kun legendaarinen suostratigrafian tutkija Kimmo Tolonen siirtyi Oulusta Joensuuhun vuonna 1986. Tässä viitatuista tutkijoista Jukka Turunen, Aki Pitkänen ja Teemu Tahvanainen ovat Tolosen väitöskirja-opiskelijoina. Innovatiivisessa tutkijayhteisössä luonnollisesti pohdittiin paljon modernin maankäytön aiheuttamia ympäristömuutoksia ja ratkottiin niiden tutkimuksen ongelmia – jopa varsin hyvällä menestyksellä, kuten tässä referoidut tutkimukset osoittavat.

DOS., FT HEIKKI SIMOLA
(heikki.l.k.simola@gmail.com)

Espoo

Kirjoittaja on Itä-Suomen yliopistosta eläköitynyt yliopistonlehtori ja ympäristötieteen dosentti.

Summary

Simple and proven ways to study land use effects on soil carbon stores

The paper presents simple, innovative research strategies addressing the elusive problem of land use induced soil carbon changes, for which background and monitoring data are often lacking. A key issue is the careful and intelligent selection of proper study sites, where the changes are truly seen.

Lähdeluettelo

- Lindholm, T., 1989. Rahkasammaleesta turpeeksi: A. K. Cajanderin erään vanhan näytesarjan tarkastelua. *Suo* 40, 139–142.
- Meriläinen, H.-K., 2015. Valuma-alueen maankäytön vaikutusten tunnistaminen jokisedimentistä vakaiden isotooppien ja kasvijäänteiden avulla. *Pro gradu -tutkielma. Biologian laitos, Itä-Suomen yliopisto*, 78 s.
- Nykanen, H. K., Rissanen, A. J., Turunen, J., Tahvanainen, T. & Simola, H., 2020. Carbon storage change and $\delta^{13}\text{C}$ transitions of peat columns in a partially forestry-drained boreal bog. *Plant and Soil* 447, 365–378. <https://doi.org/10.1007/s11104-019-04375-5>
- Pitkänen, A., Simola, H. & Turunen, J., 2012. Dynamics of organic matter accumulation and decomposition in the surface soil of forestry-drained peatland sites in Finland. *Forest Ecology and Management* 284, 100–106. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.07.040>
- Pitkänen, A., Turunen, J., Tahvanainen, T. & Simola, H., 2013. Carbon storage change on a partially forestry-drained boreal mire determined through peat column inventories. *Boreal Environmental Research* 18 (3–4), 223–234.
- Pölönen, I., Tahvanainen, T., Kauppila, J. & Meriläinen, H.-K., 2017. Haitankärsijät turvetuotannon vesistövaikutusten valvojina – Linnunsuon tapaus. *Ympäristöjuridiikka* 1/2017, 8–41.
- Siiskonen, H., 2007. The conflict between traditional and scientific forest management in 20th century Finland. *Forest Ecology and Management* 249, 125–133. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.03.018>
- Simola, H., 1983. Vuosilustoisten järvisedimenttien kerrostuminen, rakenne ja käyttö paleoekologisissa tutkimuksissa. Väitöskirja. Joensuun korkeakoulu, Karjalan tutkimuslaitoksen julkaisuja 52, 1–16.
- Simola, H., 2017. Persistent carbon loss from the humus layer of tilled boreal forest soil. *European Journal of Soil Science* 69, 303–314. <https://doi.org/10.1111/ejss.12498>
- Simola, H., 2021. Turpeen kaivun jäljet Haarajärven sedimenteissä. *Geologi* 73 (4), 108–116.
- Simola, H., Pitkänen, A. & Turunen, J., 2012. Carbon loss in drained forestry peatlands in Finland, estimated by re-sampling peatlands surveyed in the 1980s. *European Journal of Soil Science* 63, 798–807. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2012.01499.x>
- Turunen, J. & Valpola, S., 2020. The influence of anthropogenic land use on Finnish peatland area and carbon stores 1950–2015. *Mires and Peat* 26, 1–27. <https://doi.org/10.19189/MaP.2019.GDC.StA.1870>