Espoo – Ennallistamistoimien vaikutus hiilitaseeseen

Tarkastelun rajaus

Tässä raportissa kuvataan tiivistetysti kirjallisuuden perusteella, miten Espoon suunnitellut ennallistamistoimet vaikuttavat hiilivarastoihin ja maaperän päästöihin. Hiilitaseen kannalta keskeisin toimi on ojitettujen vähä- ja runsasravinteisten turvekankaiden vesitalouden palauttaminen ojia tukkimalla. Lisäksi tarkastellaan metsäkohteiden toimia: lehtomaisten kankaiden lahopuun lisäämistä, lehtomaisten kankaiden rakennepiirteiden lisäämistä ja kalliometsien luontaisen kehityksen mahdollistamista. Alue- tai kuviokohtaisia hiilitaseita ei lasketa. Espoon kohteet eivät ole talousmetsiä, joten vertailukohtana (perusurana) ei ole hakkuisiin perustuva metsänkäsittely vaan toimen tekemättä jättäminen. Ojitetuilla kohteilla ei pyritä palauttamaan avosuota, eli puustoa ei poisteta.

Ojitettujen soiden ennallistaminen ojia tukkimalla

Ojitettujen suometsien vettämisen ilmastovaikutus riippuu ennen kaikkea suon ravinteisuudesta. Runsasravinteisilla kohteilla päästöt todennäköisesti vähenevät, kun taas vähäravinteisilla ne voivat kasvaa vuosikymmenten ajan.

Ojien tukkiminen nostaa vedenpintaa, jolloin turpeen hapellinen hajoaminen ja siitä aiheutuvat CO_2-päästöt vähenevät. Hapettomissa oloissa turpeessa käynnistyy samalla metaanin tuotanto. Runsasravinteisilla turvemailla kuivatuksen aiheuttamat maaperäpäästöt ovat suuria, joten niiden väheneminen on tyypillisesti metaanipäästöjen kasvua suurempi (Taulukko 1). Vähäravinteisilla kohteilla metaanin lisäys ja puuston hiilensidonnan heikkeneminen voivat kääntää taseen päästöksi, ja ilmastohyöty realisoituu vasta vuosikymmenten tai jopa satojen vuosien kuluessa (Lehtonen ym. 2021).

Taulukko 1 Suometsien ennallistamisen päästövähennysvaikutuksia. Negatiivinen arvo tarkoittaa päästöjen vähenemistä. Arvot eivät perustu suoriin mittauksiin ennallistetuilta soilta, vaan luonnontilaisten soiden pitkän aikavälin hiilenkertymään ja kirjallisuusarvoihin, mikä on merkittävä epävarmuustekijä (Laine ym. 2024). Ojitetut rämeet ovat useimmiten vähäravinteisia, joten niiden vettämisen lyhyen aikavälin vaikutus on todennäköisesti lähempänä vähäravinteisten turvekankaiden arvoa.

Toimi (rajaus)	Muutos päästöissä, t CO_2-ekv./ha/v	Lähde
Runsasravinteinen ojitettu suometsä, palautuu puuttomaksi suoksi (**maaperä ja puusto**)	**−4,66** (*vain maaperä −5,95*)	Lehtonen ym. 2021
Runsasravinteinen ojitettu suometsä, kuusikkokorveksi (*vain maaperä*)	*−2,5* (16 v aikahorisontti), *−3,3* (100 v aikahorisontti)	Laine ym. 2024
Vähäravinteinen ojitettu suometsä, palautuu puuttomaksi suoksi (**maaperä ja puusto**)	**+2,08** (*vain maaperä +0,78*)	Lehtonen ym. 2021

Puuston käsittely vaikuttaa kuitenkin tulokseen, ja kun ennallistamisen ilmastovaikutusta tarkastellaan maaperän lisäksi koko ekosysteemin tasolla, puuston säilyttäminen runsasravinteisilla kohteilla on ilmaston kannalta selvästi suotuisampaa kuin puuttomaksi suoksi ennallistaminen (Launiainen ym. 2025). Vettämisen jälkeen osa puustosta voi kuitenkin kuolla ja siirtyä lahopuuksi, jolloin sen hiili vapautuu vuosikymmenten kuluessa (ks. lahopuuosio). Jos ojikoilta poistetaan puustoa vettämisen tehostamiseksi, arviota on tarkennettava kuviokohtaisella laskennalla.

Lehtomaisten kankaiden lahopuun lisääminen

Lahopuun lisääminen siirtää hiiltä elävästä puustosta kuolleen puun varastoon, mutta ei sellaisenaan lisää ekosysteemin hiilivarastoa. Kun puu kaulataan, katkaistaan tekopökkelöksi tai kaadetaan maapuuksi, sen kasvu ja hiilensidonta päättyvät ja hajoaminen alkaa. Espoon kohteilla vertailukohtana on puun jättäminen elossa kasvamaan, ei sen korjaaminen pois. Tästä syystä talousmetsälaskelmissa esitetyt nieluvaikutukset eivät ole suoraan siirrettävissä Espoon kohteille.

Talousmetsissä, joissa vaihtoehtona on puun korjuu, luonnonpoistuman lisäyksen on arvioitu vahvistavan kangasmaiden maaperän nielua aluksi noin 0,36 t CO_2 kuutiota kohti ja 25 vuoden kuluessa noin 0,23 t CO_2/m^3 (Lehtonen ym. 2021; Mäkipää ym. 2026). Neljänkymmenen vuoden tarkastelujaksolla vaikutus on keskimäärin noin 0,3 t CO_2 kuutiota kohti. Nämä luvut kuvaavat lahopuun hiilivaraston suuruusluokkaa, mutta Espoon kohteilla niistä pitäisi vielä vähentää elävän puun menetetty kasvu.

Lahopuun hiili vapautuu vaiheittain, ja hajoamisnopeus vaihtelee suuresti:

- Rungot häviävät Etelä- ja Keski-Suomen kivennäismailla koivulla noin 25–40 vuodessa ja männyllä ja kuusella noin 60–80 vuodessa; hajoaminen on alussa hidasta, koska puut seisovat ensin pystyssä (Mäkinen ym. 2006).
- Kaadettujen kuusirunkojen hajoamisvakio oli 0,087 ja koivurunkojen 0,066 vuodessa, ja 95 %:n massahäviöön kului keskimäärin 49 vuotta. Lajien ero johtui pääosin kuoren hajoamisesta, sillä puuaineen hajoamisessa ei ollut merkitsevää eroa. Maakosketus nopeutti hajoamista, mikä viittaa siihen, että kaatamalla tehty lahopuu hajoaa nopeammin kuin koholla oleva (Shorohova ym. 2026).
- Pystypuut kaatuvat sitä nopeammin, mitä lämpimämpi ilmasto ja rehevämpi kasvupaikka on, mikä viittaa lehtomaisilla kankailla keskimääräistä nopeampaan hiilen vapautumiseen (Aakala ym. 2024).
- Kantojen ja paksujen juurten hajoamisvakiot olivat 0,024–0,040 vuodessa (Palviainen & Finér 2015).
- Kaikki lahopuun hiili ei vapaudu ilmakehään: kuusen lahopuusta arviolta arviolta 39–47 % alkuperäisestä hiilestä siirtyy maaperään (Stokland & Alfredsen 2024).

Karkeasti yksi kuutio havupuuta sisältää noin 0,2 t hiiltä (noin 0,7 t CO_2). Lahopuun lisäämisen nettovaikutus riippuu siitä, kuinka paljon elävän puun kasvua menetetään ja kuinka paljon ympäröivä puusto kompensoi sitä vapautuneen kasvutilan ansiosta. Lyhyellä aikavälillä vaikutus on todennäköisesti lähellä nollaa tai lievästi negatiivinen, ja pitkällä aikavälillä osa hiilestä siirtyy myös pysyvämmin maaperään. Valmiita päästövähennyskertoimia ei ole, mutta hajoamisen mallintaminen on mahdollista esimerkiksi Yasso-mallin puuosalla (Tuomi ym. 2011).

Lehtomaisten kankaiden rakennepiirteiden lisääminen

Rakennepiirteiden lisääminen pienentää todennäköisesti kohteen hiilivarastoa lyhyellä aikavälillä, koska toimet perustuvat eri kokoisiin puuston ja biomassan poistoihin. Tyypillisiä toimia ovat esimerkiksi pienaukkojen tekeminen, kuusen vähentäminen lehtipuiden ja jalopuiden hyväksi sekä puuston kerroksellisuuden ja puulajisuhteiden monipuolistaminen. Puuston poisto vähentää elävän biomassan hiilivarastoa ja näin ollen ainakin hetkellisesti myös kohteen hiilensidontaa.

Vaikutuksen suuruus riippuu siitä, kuinka suuri osa puustosta poistetaan ja jätetäänkö kaadettu puu kohteelle lahopuuksi vai viedäänkö se pois. Kohteelle jätetty puu siirtyy kuolleen puun varastoon ja vapauttaa hiilensä vuosikymmenten kuluessa (ks. edellinen osio). Pidemmällä aikavälillä jäljelle jäävän ja uuden puuston kasvu kompensoi poistoa ainakin osittain, mutta palautumisen nopeus on epävarma ja kohdekohtainen.

Kirjallisuudesta ei löytynyt rakennepiirretoimille hehtaarikohtaisia päästökertoimia. Määrällinen arvio edellyttäisi tietoa poistettavan puuston määrästä ja puulajeista sekä siitä, mitä poistetulle biomassalle tehdään.

Kalliometsien luontaisen kehityksen mahdollistaminen

Kalliometsien luontaisen kehityksen hiilivaikutus on todennäköisesti pieni ja vaikeasti määriteltävä. Kalliometsät ovat vähätuottoisia ja ohutmultaisia, joten puuston kasvu ja maaperän hiilivarasto ovat pieniä. Vähätuottoisen metsän lahopuun keskitilavuus on koko maassa noin 4,2 m^3/ha, kun se tuottavassa metsässä on 6,9 m^3/ha (Korhonen ym. 2024).

Koska Espoon metsät eivät ole talouskäytössä, luontainen kehitys ei korvaa hakkuita, ja toimen lisäisyys hiilitaseen kannalta on epävarma. Mahdollinen vaikutus syntyy lähinnä puuston hitaasta kasvusta ja kuolleen puun vähittäisestä kertymisestä. Arvio edellyttäisi tietoa siitä, mitä toimenpiteitä kohteilla on aiemmin tehty ja mistä luontaiseen kehitykseen siirtyminen käytännössä luopuu.

Lyhyen ja pitkän aikavälin vaikutukset ja epävarmuudet

Toimista vain runsasravinteisten turvekankaiden vettämisellä on kirjallisuuden perusteella selvä päästöjä vähentävä vaikutus jo lyhyellä aikavälillä. Muut tässä raportissa kuvatut toimet ovat lyhyellä aikavälillä hiilitaseen kannalta neutraaleja tai heikentävät sitä joko pienentämällä puuston hiilivarastoa, lisäämällä lahopuun ja maaperän päästöjä tai molempia. Niiden ensisijainen hyöty on luonnon monimuotoisuudessa.

Keskeiset epävarmuustekijät ovat vertailukohdan määrittely, puulajien ja kasvupaikan vaikutus hajoamisnopeuteen sekä ilmaston lämpenemisen vaikutus, joka todennäköisesti nopeuttaa pystypuiden kaatumista ja lahopuun hajoamista (Aakala ym. 2024).

Lähteet

- Aakala, T., Storaunet, K.O., Jonsson, B.G. & Korhonen, K.T. 2024. Drivers of snag fall rates in Fennoscandian boreal forests. Journal of Applied Ecology.
- Korhonen, K.T., Räty, M., Haakana, H., Heikkinen, J., Hotanen, J.-P., Kuronen, M. & Pitkänen, J. 2024. Forests of Finland 2019–2023 and their development 1921–2023. Silva Fennica 58(5): 24045.
- Laine, A.M., Ojanen, P., Lindroos, T., Koponen, K., Maanavilja, L., Lampela, M., Turunen, J., Minkkinen, K. & Tolvanen, A. 2024. Climate change mitigation potential of restoration of boreal peatlands drained for forestry can be adjusted by site selection and restoration measures. Restoration Ecology 32(7): e14213.
- Launiainen, S., Ahtikoski, A., Rinne, J., Ojanen, P., & Hökkä, H. 2025. Rewetting drained boreal peatland forests does not mitigate climate warming in the twenty-first century. *Ambio, 54*, 2107–2117.
- Lehtonen, A., Aro, L., Haakana, M., Haikarainen, S., Heikkinen, J., Huuskonen, S., Härkönen, K., Hökkä, H., Kekkonen, H., Koskela, T., Lehtonen, H., Luoranen, J., Mutanen, A., Nieminen, M., Ollila, P., Palosuo, T., Pohjanmies, T., Repo, A., Rikkonen, P., Räty, M., Saarnio, S., Smolander, A., Soinne, H., Tolvanen, A., Tuomainen, T., Uotila, K., Viitala, E.-J., Virkajärvi, P., Wall, A. & Mäkipää, R. 2021. Maankäyttösektorin ilmastotoimenpiteet : Arvio päästövähennysmahdollisuuksista. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 65/2021. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 122 s.
- Mäkinen, H., Hynynen, J., Siitonen, J. & Sievänen, R. 2006. Predicting the decomposition of Scots pine, Norway spruce, and birch stems in Finland. Ecological Applications 16(5): 1865–1879.
- Mäkipää, R., Aro, L., Assmuth, A., Ehonen, S., Hietala, S., Karjalainen, S., Kulovesi, K., Kärkkäinen, L., Mattila, T., Miina, J., Mäkinen, H., Lehtiniemi, H., Lehto, T., Lehtonen, A., Lehtonen, H., Lintunen, J., Luostarinen, S., Lång, K., Niemistö, J., Palvi, A., Pihlainen, S., Rämö, J., Sairanen, A., Seppälä, J., Silfver, T., Suomi, P. & Viitala, E.-J. 2026. Maatalous, metsätalous ja maankäytön muutos – Synteesiraportti päästövähennysmahdollisuuksista, niiden kustannuksista ja tarvittavista ohjauskeinoista Suomessa. Suomen ilmastopaneelin raportti 6/2026. Julkaistaan 17.11.2026.
- Palviainen, M. & Finér, L. 2015. Decomposition and nutrient release from Norway spruce coarse roots and stumps: a 40-year chronosequence study. Forest Ecology and Management 358: 1–11.

- Shorohova, E., Shorohova, M., Lindberg, H. & Vanha-Majamaa, I. 2026. Soil contact and prescribed burning accelerate the decomposition of downed woody debris in boreal forests. Forest Ecology and Management 618: 124037.
- Stokland, J. & Alfredsen, G. 2024. From deadwood to forest soils: quantifying a key carbon flux in boreal ecosystems. Biogeochemistry 167: 1225–1242.
- Tuomi, M., Laiho, R., Repo, A. & Liski, J. 2011. Wood decomposition model for boreal forests. Ecological Modelling 222: 709–718.