Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä
Samkommunen Helsingforsregionens miljötjänster
Helsinki Region Environmental Services Authority



Pääkaupunkiseudun hiilitaseselvitys

Selvitys maankäyttösektorin hiilivarastoista ja -taseesta 2023-2024

Sisällysluettelo

- Tiivistelmä
- Esipuhe
- 1. Johdanto
- 2. Käsitteet, termit ja lyhenteet
- 3. Hiilitaselaskennan viitekehys, rajaukset ja tulkinta
  - 3.1 Suhde kansainvälisiin ja kansallisiin raportointikäytäntöihin
  - 3.2 Selvityksen rajaukset
  - 3.3 Tulosten tulkinta ja vertailtavuus
- 4. Lähtöaineistot
  - 4.1 Paikkatietoaineistot
  - 4.2 Tilastoaineistot
  - 4.3 Lähtöaineistojen käyttö eri laskentakokonaisuuksissa
- 5. Lähtöaineistojen valmistelu ja esikäsittely
  - 5.1 Maastotietokannan kohteiden esikäsittely
  - 5.2 Turvemaiden esikäsittely
  - 5.3 Epävarmuudet aineistojen valmistelussa ja esikäsittelyssä
  - 5.4 Vaiheen lopputulos
- 6. Laskennan määrittely
  - 6.1 Maankäyttö- ja maaperätietojen määrittäminen
  - 6.2 Laskentaluokkien määrittäminen
  - 6.3 Laskentaluokkien kohdentaminen Helsingin seudun maanpeiteaineistoon
  - 6.4 Helsingin seudun maanpeiteaineistosta riippuvaiset määrittelyt
- 7. Laskentamenetelmät
  - 7.1 Puuston hiilivaraston ja hiilitaseen aineistot ja laskentamenetelmä
  - 7.2 Nettoekosysteemitaseen kohdentaminen matalan kasvillisuuden ja maaperän laskentamenetelmissä
  - 7.3 Matalan kasvillisuuden laskentamenetelmät
  - 7.4 Maaperän laskentamenetelmät
- 8. Laskennan tulosten kohdentaminen määriteltyyn paikkatietoaineistoon
  - 8.1 Laskennan tulosten kohdentaminen
  - 8.2 Vaiheen lopputulos
- 9. Maankäytön muutoksen hiilitaselaskennan menetelmä
  - 9.1 Maankäytön muutoksen tunnistaminen ja rajaus
  - 9.2 Maankäytön muutoksen hiilitaselaskenta
- 10. Hiilitaseselvityksen tulokset
  - 10.1 Hiilivarastot
  - 10.2 Hiilitase ilman maankäytön muutoksen vaikutusta
  - 10.3 Maankäytön muutoksen vaikutus hiilitaseeseen
  - 10.4 Maankäyttösektorin kokonaishiilitase maankäytön muutos huomioiden
  - 10.5 RAMS-kunnossapitoluokan sisältävien viheralueiden tulokset
  - 10.6 Puuston merkitys hiilivarastolle ja hiilitaseelle
  - 10.7 Tulosten yhteenveto ja keskeiset havainnot
- 11. Johtopäätökset
  - 11.1 Hiilitaseen selvittäminen kaupunkiympäristössä eroaa kansallisen tason hiilitaselaskennoista
  - 11.2 Hiilivarastojen säilyttäminen on yhtä lailla tärkeää kuin hiilinielujen vahvistaminen
  - 11.3 Toistettava menetelmä luo perustan pääkaupunkiseudun hiilivarastojen ja -taseen pitkäjänteiselle seurannalle
- 12. Aineistojen ja menetelmien jatkokehitys
  - 12.1 Lähtöaineistot
  - 12.2 Laskennan määrittely
  - 12.3 Laskentamenetelmien kehittämismahdollisuudet
  - 12.4 Tutkimustulosten soveltaminen
  - 12.5 Laadunvarmistus
  - 12.6 Tulosaineiston hyödyntäminen
- 13. Lähdeluettelo
- 14. Liitteet
  - 14.1 Liite 6A: Maankäytön ja maaperän yhdistelmäluokat
  - 14.2 Liite 7A: Metsien aluskasvillisuuden hiilitaseen laskennassa sovellettujen arvojen johtaminen
  - 14.3 Liite 7B: Kosteiden ja kuivien niittyjen hiilitaseen laskennassa sovellettujen arvojen johtaminen

- 14.4 Liite 7C: Kasvillisuusjakaumien määrittelyn johtaminen
- 14.5 Liite 7D: Nurmikoiden hiilitaseen laskennassa käytettyjen arvojen johtaminen
- 14.6 Liite 7E: Metsään jäävän puuaineksen laskenta ja arvojen johtaminen maaperän hiilivaraston ja hiilitaseen mallinnusta varten
- 14.7 Liite 7F: Metsien maaperän hiilisyötteen lähtötiedot
- 14.8 Liite 7G: Viljelysmaiden maaperän hiilivarastojen ja hiilitaseen mallintamisen lähtötiedot
- 14.9 Liite 7H: Turvemaiden hiilivarastojen laskennan lähtötiedot
- 14.10 Liite 10A: Kuntakohtaiset hiilivarastojen tulostaulukot
- 14.11 Liite 10B: Kuntakohtaiset hiilitaseiden tulostaulukot
- 14.12 Liite 12A: Lähtöaineistojen vertailu aikaisempiin laskentoihin
- 14.13 Liite 12B: Laskentamenetelmien vertailu aikaisempiin laskentoihin

Tiivistelmä

Tässä työssä selvitettiin pääkaupunkiseudun eli Helsingin, Espoon, Vantaan ja Kauniaisten maankäyttösektorin hiilivarastoja vuonna 2024 ja vuosittaista hiilitasetta vuosina 2023–2024. Lisäksi tarkasteltiin vuosina 2022–2024 tapahtuneiden maankäytön muutosten vaikutuksia hiilitaseeseen. Tavoitteena oli tuottaa vertailukelpoista ja avoimesti saatavilla olevaa tietoa maaperän ja kasvillisuuden hiilivarastoista, hiilinieluista ja päästölähteistä sekä luoda yhtenäinen ja toistettavissa oleva paikkatietopohjainen menetelmä pääkaupunkiseudun hiilitaseen seurantaan. Tuloksia voidaan hyödyntää maankäytön suunnittelussa, ilmastotoimien kohdentamisessa ja seudullisen ilmastotyön seurannassa.

Laskenta perustui useiden paikkatieto-, tilasto- ja tutkimusaineistojen yhdistämiseen. Tarkastelualue luokiteltiin metsiin, avoimiin viheralueisiin, rakennetun ympäristön viherrakenteisiin, viljelysmaihin ja kosteikkoihin. Kullekin maankäyttöluokalle ja niiden alaluokille laskettiin puustoon, matalaan kasvillisuuteen ja maaperään sitoutunut hiilivarasto sekä vuotuinen hiilitase. Maankäytön muutosten tarkastelussa tunnistettiin kasvullisten alueiden muuttumista rakennetuksi ympäristöksi ja tästä aiheutuvia välittömiä hiilivarastojen menetyksiä. Selvitys oli ensimmäinen tällä menetelmällä toteutettu, laaja paikkatietopohjainen pääkaupunkiseudun hiilivarasto- ja hiilitaselaskenta.

Vuonna 2024 pääkaupunkiseudun **maankäyttösektorin hiilivarasto** oli 36,2 miljoonaa tonnia hiilidioksidia. Hiilestä noin 70 % oli varastoitunut maaperään, 28 % puustoon ja 2 % matalaan kasvillisuuteen. Turvemaat kattoivat vain alle 6 % tarkastelualueen pinta-alasta, mutta niihin sijoittui noin 20 % koko alueen hiilivarastosta. Tulokset osoittavat, että erityisesti maaperä, metsät ja turvemaat ovat pääkaupunkiseudun hiilivarastojen säilymisen kannalta keskeisiä.

Pääkaupunkiseudun koko **maankäyttösektorin vuosittainen kokonaishiilitase** oli −218 400 tonnia hiilidioksidia. Suurimman hiilinielun muodosti puusto. Myös matala kasvillisuus sitoi hiiltä. Maaperä oli kokonaisuutena lievä päästölähde. Kaupunkien välillä oli eroja hiilivarastojen ja -nielujen määrässä, mutta kaikkien neljän kaupungin maankäyttösektori oli laskennan perusteella nettomääräisesti hiilinielu. Metsät muodostivat suurimman hiilinielun, mutta myös rakennetun ympäristön viherrakenteilla oli kaupunkiympäristössä huomattava merkitys.

Vuosina 2022–2024 noin 310 hehtaaria kasvullista aluetta muuttui rakennetuksi ympäristöksi. **Maankäytön muutokset** heikensivät vuosittaista hiilinielua noin 28 200 tonnia hiilidioksidia, mikä vastasi noin 11:tä prosenttia ilman maankäytön muutosta lasketusta hiilinielusta. Rakentamisen aiheuttamat hiilivarastojen menetykset kohdistuivat likimain yhtä suurina puustoon ja maaperään.

Selvityksen keskeinen johtopäätös on, että pääkaupunkiseudulla maankäyttösektori toimii hiilinieluna, mutta maankäytön muutokset heikentävät hiilinielua selvästi. Ilmastotavoitteiden saavuttamisen kannalta olennaista on hiilivarastojen säilyttäminen sekä metsien, viheralueiden ja rakennetun ympäristön viherrakenteiden tulevan hiilensidontakyvyn huomioiminen. Tuloksiin liittyy epävarmuuksia, jotka johtuvat muun muassa lähtöaineistojen tarkkuudesta, tutkimustulosten yleistämisestä laajemmalle alueelle, laskennassa käytetyistä oletusarvoista sekä luonnonprosessien monimutkaisuudesta. Selvitys muodostaa silti vertailukelpoisen perustan hiilivarastojen, hiilinielujen ja maankäytön muutosten seurannalle ja laskentamenetelmän jatkokehittämiselle.

Raportin tiedot

Julkaisija:
Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä

Tekijät:
Hanna-Mari Juvonen, Outi Kesäniemi, Lassi Sarlos ja Vilja Tähtinen

Päivämäärä:
14.10.2026

Julkaisun nimi:
Pääkaupunkiseudun hiilitaseselvitys

Sarjan nimi ja numero:
HSY:n julkaisuja 5/2026

Asiasanat:
maankäyttösektori, ilmastotyö, hiilitase, hiilinielu, paikkatieto, LULUCF-sektori

ISBN (pdf):
978-952-7633-11-3

ISBN (html):
978-952-7633-12-0

Kieli:
fi

Sivuja:
14

Yhteystiedot:
Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY
PL 100, 00066 HSY
puhelin 09 1561 2110
www.hsy.fi/

Copyright:
Kartat, graafit ja muut kuvat: HSY
Kansikuva: HSY

Sammandrag

I denna utredning kartlades kollagren inom markanvändningssektorn i huvudstadsregionen (Helsingfors, Esbo, Vanda och Grankulla) för år 2024. Därtill analyserades den årliga kolbalansen under perioden 2023–2024. Utöver detta analyserades hur förändringar i markanvändningen 2022–2024 påverkade kolbalansen. Målet var att ta fram jämförbar och öppet tillgänglig information om kollager, kolsänkor och utsläppskällor i mark och vegetation och samtidigt skapa en enhetlig och repeterbar GIS-baserad metod för uppföljning av huvudstadsregionens kolbalans. Resultaten kan användas som underlag för planering av markanvändning inriktning av klimatåtgärder och uppföljning av det regionala klimatarbetet.

Beräkningarna baserades på en kombination av flera geospatiala, statistiska och forskningsbaserade datamaterial. Beräkningsområdet delades in i olika markanvändningsklasser: skogar, öppna grönområden, grönstruktur i den bebyggda miljön, odlingsmarker och våtmarker. För varje markanvändningsklass och underklass beräknades kollagret i trädbestånd, låg vegetation och mark samt den årliga kolbalansen. Vid analys av förändringar i markanvändningen identifierades vegetationsområden som omvandlats till bebyggd miljö och de omedelbara förluster av kollager som detta orsakat. Utredningen var den första omfattande GIS-baserade beräkningen av kollager och kolbalans i huvudstadsregionen som genomförts med denna metod.

År 2024 uppgick **kollagret inom huvudstadsregionens markanvändningssektor till** 36,2 miljoner ton koldioxid. Cirka 70 procent av kolet var lagrat i marken, 28 procent i trädbeståndet och 2 procent i låg vegetation. Torvmarkerna utgjorde mindre än 6 procent av områdets areal men innehöll cirka 20 procent av hela områdets kollager. Resultaten visar att särskilt marken, skogarna och torvmarkerna är centrala för att bevara huvudstadsregionens kollager.

Den årliga **kolbalansen för hela markanvändningssektorn** i huvudstadsregionen var −218 400 ton koldioxid. Trädbeståndet utgjorde den största kolsänkan, men även den låga vegetationen band kol. Marken var som helhet en mindre utsläppskälla. Mängden kollager och kolsänkor varierade mellan städerna, men enligt beräkningarna var markanvändningssektorn i alla fyra städer en nettokolsänka. Skogarna stod för den största kolsänkan, men också grönstrukturen i den bebyggda miljön hade stor betydelse i stadsmiljön.

Under 2022–2024 omvandlades cirka 310 hektar vegetationsområde till bebyggd miljö. **Förändringarna i markanvändningen** minskade den årliga kolsänkan med cirka 28 200 ton koldioxid, vilket motsvarade omkring 11 procent av den beräknade kolsänkan i ett scenario utan förändrad markanvändning. De kollagerförluster som orsakades av byggverksamheten var ungefär lika stora i trädbeståndet och marken.

Utredningens viktigaste slutsats är att markanvändningssektorn i huvudstadsregionen fungerar som en kolsänka, men att förändringar i markanvändningen tydligt försvagar den. För att klimatmålen ska kunna nås är det viktigt att bevara kollagren och beakta den framtida kolbindningsförmågan i skogar, grönområden och grönstrukturen i den bebyggda miljön. Resultaten är förknippade med osäkerheter som bland annat beror på källdatas noggrannhet, generalisering av forskningsresultat till ett större område, standardvärden som använts i beräkningarna och naturprocessernas komplexitet. Trots detta ger utredningen ett jämförbart underlag för uppföljning av kollager, kolsänkor och förändringar i markanvändningen samt för fortsatt utveckling av beräkningsmetoden.

Information

Utgivare:
Samkommunen Helsingforsregionens miljötjänster

Författare:
Hanna-Mari Juvonen, Outi Kesäniemi, Lassi Sarlos och Vilja Tähtinen

Datum:
14.10.2026

Publikationens namn:
Huvudstadsregionens kolbalansutredning

Publikationsseriens titel och nummer:
HRM:s publikationer 5/2026

Nyckelorden:
markanvändningssektorn, klimatarbete, kolbalans, kolsänka, geografisk information, LULUCF-sektorn

ISBN (pdf):
978-952-7633-11-3

ISBN (html):
978-952-7633-12-0

Språk:
fi

Sidor:
14

Kontaktuppgifter:
Helsingin seudun ympäristöpalvelut - kuntayhtymä HSY
PL 100, 00066 HSY
puhelin 09 1561 2110
www.hsy.fi/

Copyright:
Kartat, graafit ja muut kuvat: HSY
Kansikuva: HSY

Abstract

This study assessed carbon stocks in the land-use sector of the Helsinki Metropolitan Area, comprising Helsinki, Espoo, Vantaa and Kauniainen, in 2024, as well as the annual carbon balance for 2023–2024. It also examined how land-use changes in 2022–2024 affected the carbon balance. The aim was to produce comparable, openly available information on carbon stocks in soil and vegetation, carbon sinks and emission sources, and to establish a consistent and repeatable GIS-based method for monitoring the region's carbon balance. The results can support land-use planning, the targeting of climate measures and the monitoring of regional climate action.

The calculations combined several types of spatial, statistical and research data. The study area was classified into forests, open green areas and grasslands, urban green areas, croplands and wetlands. For each land-use class and subclass, carbon stocks in trees, low vegetation and soil were estimated together with the annual carbon balance. The land-use change analysis identified changes of vegetated areas into built-up areas and the resulting immediate losses of carbon stocks. This was the first GIS-based assessment of carbon stocks and the carbon balance in the Helsinki Metropolitan Area using this method.

In 2024, the **carbon stock of the land-use sector** in the Helsinki Metropolitan Area amounted to 36.2 million tonnes of carbon dioxide. Approximately 70% of the carbon was stored in soil, 28% in trees and 2% in low vegetation. Peatlands accounted for less than 6% of the study area but contained approximately 20% of its total carbon stock. The results show that soil, forests and peatlands are particularly important for preserving the region's carbon stocks.

The annual **carbon balance of the land-use sector** in the Helsinki Metropolitan Area was −218,400 tonnes of carbon dioxide. Trees formed the largest carbon sink, while low vegetation also sequestered carbon. Soil was a minor net source of emissions. Although the quantities of carbon stocks and sinks varied between the cities, the land-use sector in all four cities was a net carbon sink according to the calculations. Forests constituted the largest carbon sink, but green infrastructure in the built environment also played an important role in urban areas.

Between 2022 and 2024, approximately 310 hectares of vegetated land were changed into built-up areas. These **land-use changes** reduced the annual carbon sink by approximately 28,200 tonnes of carbon dioxide, equal to about 11% of the sink calculated without land-use change. Carbon-stock losses caused by construction were divided almost equally between trees and soil.

The key conclusion is that the land-use sector in the Helsinki Metropolitan Area acts as a carbon sink, but land-use changes clearly weaken that carbon sink. Achieving climate targets requires preserving existing carbon stocks and taking into account the future carbon sequestration capacity of forests, green areas and green infrastructure in the built environment. The results are subject to uncertainties arising, for example, from the accuracy of the source data, the generalisation of research findings to a wider area, default assumptions used in the calculations and the complexity of natural processes. Nevertheless, the study provides a comparable baseline for monitoring carbon stocks, carbon sinks and land-use change, and for further developing the calculation method.

Information

Published by:
Helsinki Region Environmental Services Authority

Author:
Hanna-Mari Juvonen, Outi Kesäniemi, Lassi Sarlos and Vilja Tähtinen

Date:
14.10.2026

Title of publication:
Helsinki Metropolitan Area Carbon Balance Assessment

Publication series title and number:
Helsinki Region Environmental Services Publications 5/2026

Key words:
land use sector, climate work, carbon balance, carbon sink, geographic information, LULUCF sector

ISBN (pdf):
978-952-7633-11-3

ISBN (html):
978-952-7633-12-0

Language:
fi

Pages:
14

Contact Information:
Helsingin seudun ympäristöpalvelut - kuntayhtymä HSY
PL 100, 00066 HSY
puhelin 09 1561 2110
www.hsy.fi/

Copyright:
Kartat, graafit ja muut kuvat: HSY
Kansikuva: HSY

Esipuhe

Saimme HSY:n seutu- ja ympäristötieto -tulosalueella jäsenkaupungeiltamme mieluisan ja kunnianhimoisen toimeksiannon: tehtävänämme oli laatia pääkaupunkiseudulle hiilitaseselvitys, ja samalla kehittää tähän tarkoitukseen toistettavissa oleva laskentamenetelmä. Jäsenkaupunkimme Helsinki, Espoo, Vantaa ja Kauniainen tarvitsevat alueellisesti kohdennettua ja yhä tarkempaa tietoa siitä, miten maankäyttö, rakentaminen ja viherrakenne vaikuttavat hiilivarastoihin ja hiilen sitoutumiseen.

HSY:n tehtävänä on tuottaa jäsenkaupungeille yhteismitallista, luotettavaa ja päätöksenteossa hyödynnettävää seudullista tietoa. Tämä selvitys on ensimmäistä kertaa omana työnämme tehty pääkaupunkiseudun erityisolosuhteisiin kehitetty mahdollisimman tarkka ja toistettava laskenta maankäyttösektorin luonnollisista hiilivarastoista, hiilitaseesta ja maankäytön muutosten vaikutuksista. Se perustuu laajaan tietopohjaan ja ottaa huomioon pääkaupunkiseudulle ominaisen tiiviin kaupunkirakenteen sekä monimuotoisen viherrakenteen.

Selvitys auttaa myös näkemään kaupunkivihreän merkityksen aiempaa kokonaisvaltaisemmin. Metsien lisäksi puistot, pihat, katuympäristöjen viheralueet, niityt, kosteikot ja muu viherrakenne osallistuvat hiilen sitomiseen ja varastointiin. Samat alueet tukevat usein myös luonnon monimuotoisuutta, ilmastonmuutokseen sopeutumista, hulevesien hallintaa, virkistystä, terveyttä ja kaupunkiympäristön viihtyisyyttä. Työn hyödyntämismahdollisuudet ovat laajat yhdessä kaupunkien muun luonto-, ilmasto- ja maankäyttötiedon kanssa.

Hiilitaseselvitys on ollut poikkeuksellisen vaativa asiantuntijatyö. Työ ei olisi ollut mahdollinen ilman laajaa ja avointa yhteistyötä. Haluan lämpimästi kiittää selvityksen ohjausryhmää sekä Helsingin, Espoon, Vantaan ja Kauniaisten asiantuntijoita heidän näkemyksistään, aineistoistaan ja paikallistuntemuksestaan. Kiitän myös Luonnonvarakeskusta, Ilmatieteen laitosta, Suomen metsäkeskusta, Suomen ympäristökeskusta, Geologian tutkimuskeskusta ja Helsingin yliopistoa asiantuntemuksesta, tutkimustiedosta, aineistoista ja menetelmällisestä tuesta. Yhteistyö on ollut ratkaisevaa uudenlaisen seudullisen tietopohjan rakentamisessa.

Aivan erityisen kiitoksen haluan osoittaa HSY:n omalle huipputiimille: Hanna-Mari Juvoselle, Outi Kesäniemelle, Lassi Sarlokselle ja Vilja Tähtiselle. Olette tarttuneet tehtävään ennakkoluulottomasti ja vieneet sitä eteenpäin suurella asiantuntemuksella, tarkkuudella, luovuudella ja sitkeydellä. Näin vaativa pioneerimainen työ ei synny ilman vahvaa osaamista, hyvää yhteistyötä ja halua löytää uusia ratkaisuja. Tästä työstä voimme olla aidosti ylpeitä.
Toivon, että raportti ja sen yhteydessä tuotetut paikkatietoaineistot auttavat kaupunkeja tekemään tietoon perustuvia ratkaisuja ilmastotyössä, ympäristönsuojelussa ja maankäytön suunnittelussa. Samalla hiilitaseselvitys tukee yhteistä tavoitettamme rakentaa pääkaupunkiseudusta kestävää ja monihyötyistä kaupunkiympäristöä.

Satu Pääkkönen
Tulosaluejohtaja, Seutu- ja ympäristötieto
Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY

1 Johdanto

Kaupungin tai alueen ilmastovaikutukset muodostuvat kasvihuonekaasupäästöjen lisäksi maankäyttösektorin hiilinieluista ja päästöistä. Maankäyttö, maankäytön muutokset ja metsätalous (LULUCF-sektori) vaikuttavat siihen, kuinka paljon hiiltä sitoutuu ilmakehästä ja kuinka paljon sitä vapautuu takaisin ilmakehään. Kasvillisuuteen ja maaperään varastoitunut hiili muodostaa merkittäviä hiilivarastoja, joiden muutokset vaikuttavat ilmastoon. Tämän vuoksi maankäyttösektorin tarkastelu on tärkeä osa ilmastotyön tietopohjaa.

Vaikka pääkaupunkiseudulla on paljon suhteellisen tiiviisti rakennettua ympäristöä, sijaitsee pääkaupunkiseudun kaupungeissa myös merkittäviä hiilivarastoja ja hiilinieluja. Hiiltä sitoutuu ja varastoituu metsien lisäksi kasvillisuuteen esimerkiksi avoimilla viheralueilla sekä rakennetun ympäristön viherrakenteessa, maaperään varastoitunutta hiiltä unohtamatta. Kaupungit muuttuvat jatkuvasti, erityisesti rakentamisen seurauksena. Nämä maankäytön muutokset vaikuttavat merkittävästi sekä olemassa olevien hiilivarastojen säilymiseen että hiilen sitoutumiseen myös tulevaisuudessa.

Tieto hiilivarastoista ja hiilitaseesta täydentää kuvaa alueen ilmastovaikutuksista ja auttaa tunnistamaan tekijöitä, jotka vahvistavat tai heikentävät hiilen sitoutumista maaperään ja kasvillisuuteen. Se auttaa ymmärtämään maankäyttöratkaisujen ilmastovaikutuksia pitkällä aikavälillä ja tukee näin sekä ilmastotyötä että maankäytön suunnittelua.

Tämän selvityksen tavoitteena oli kehittää pääkaupunkiseudulle läpinäkyvä, toistettava ja pitkällä aikavälillä vertailukelpoinen hiilitaselaskennan menetelmä. Selvityksessä määritettiin maankäyttösektorin hiilitaseen lähtötaso, ja se loi perustan hiilivarastojen, hiilinielujen ja niiden muutosten vertailukelpoiselle seurannalle. Se mahdollistaa kehityksen arvioinnin ajan kuluessa, auttaa tunnistamaan maankäytön muutosten vaikutuksia hiilitaseeseen sekä tukee tiedon hyödyntämistä päätöksenteossa.

HSY laati pääkaupunkiseudun maankäyttösektorin hiilitaseselvityksen ensimmäistä kertaa omana työnä. Laskentamenetelmän kehittämisessä hyödynnettiin Luonnonvarakeskukselta hankittua erityisasiantuntemusta, josta oli suuri apu erityisesti metsien ja viljelysmaiden maaperän hiilivarastojen ja -taseiden mallintamiseen sekä maankäytön muutoksen hiilitaselaskennan ominaispiirteiden ymmärtämiseen. Selvitystyötä tuki koko sen toteutuksen ajan kaikkien jäsenkaupunkien ja HSY:n edustajista koostunut ohjausryhmä. Lisäksi selvitystyössä hyödynnettiin Ilmatieteen laitoksen, Suomen metsäkeskuksen, Geologian tutkimuskeskuksen, Suomen ympäristökeskuksen, Helsingin yliopiston ja jäsenkaupunkien asiantuntijoiden osaamista.

Tässä raportissa kuvataan hiilitaseen tarkastelussa käytetty viitekehys, keskeiset käsitteet, aineistot ja menetelmät. Lisäksi esitetään selvityksen tulokset sekä niiden pohjalta tehdyt johtopäätökset.

2 Käsitteet, termit ja lyhenteet

Tähän lukuun on koottu raportissa käytettävät keskeiset käsitteet, termit ja lyhenteet. Määritelmien tarkoituksena on varmistaa laskentamenetelmien, tulosten ja johtopäätösten yhdenmukainen tulkinta sekä helpottaa raportissa käytetyn käsitteistön ymmärtämistä.

Aluskasvillisuus: Metsän kenttä- ja pohjakerroksen kasvillisuus.

AWEN-hiiliyhdiste: Yasso-mallissa käytettävä orgaanisen aineksen kemiallinen jaottelu happoon, veteen, etanoliin ja liukenemattomiin hiilen yhdisteisiin (Acid, Water, Ethanol, Non-soluble; AWEN).

Biomassa: Eloperäisen aineksen massa.

Biomassan laajennuskerroin: Biomassan laajennuskerrointa (Biomass Conversion and Expansion Factor, BCEF) käytetään puuston runkotilavuuden muuntamiseen biomassaksi.

Bruttoperustuotanto: Bruttoperustuotanto (Gross Primary Production, GPP) kuvaa kasvillisuuden yhteyttämisen kokonaismäärää ennen maaperän ja kasvillisuuden hengityshäviöitä.

Hakkuutähde: Hakkuun jälkeen metsään jäävä orgaaninen aines, kuten oksat, lehvästö, latvukset, kannot ja juuret.

Hiili: Kemiallinen alkuaine (C), jota sitoutuu kasvillisuuteen ja maaperään. Ilmastovaikutuksia tarkasteltaessa hiilen määrä muunnetaan hiilidioksidiksi (CO_2) kertoimella 44/12.

Hiilidioksidi: Kasvihuonekaasu (CO_2), jonka määränä hiilen sitoutuminen ja varastoituminen esitetään tässä selvityksessä.

Hiilinielu: Prosessi tai ekosysteemi, joka sitoo hiiltä ilmakehästä ja kasvattaa hiilivarastoa.

Hiilisyöte: Hiilen määrä, joka siirtyy maaperään kasvillisuudesta, karikkeesta, kasvintähteistä tai muusta orgaanisesta aineksesta ja kasvattaa maaperän hiilivarastoa.

Hiilitase: Hiilivaraston muutos aikayksikköä kohden. Tässä selvityksessä hiilitase esitetään absoluuttisena (tn CO_2/v) tai pinta-alaan suhteutettuna (tn CO_2/ha/v). Negatiivinen arvo kuvaa hiilinielua (hiilivarasto kasvaa) ja positiivinen arvo päästölähdettä (hiilivarasto pienenee).

Hiilivarasto: Ekosysteemiin tai sen osaan sitoutunut hiilen kokonaismäärä. Tässä selvityksessä hiilivarasto esitetään absoluuttisena (tn CO_2) tai pinta-alaan suhteutettuna (tn CO_2/ha). Hiilivaraston muutos määrittää, onko kyseessä hiilinielu vai päästölähde.

Hallitustenvälisen ilmastonmuutospaneelin laskentaohje: Hallitustenvälisen ilmastonmuutospaneelin (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) julkaisema ohje maankäyttösektorin kasvihuonekaasutaseen laskemiseksi.

Hukkapuu: Metsäteollisuuden käyttöön kelpaamaton puuaines, joka jää metsään hakkuun yhteydessä ja muodostaa maaperään hiilisyötettä.

Kasvullinen alue: Kasvipeitteinen julkinen tai yksityinen alue, jolla esiintyy puustoa, matalaa kasvillisuutta tai viljelykasvillisuutta.

Kivennäismaa: Maaperä, jossa orgaanisen aineksen määrä on vähäinen verrattuna turvemaihin ja jota ei luokitella turvemaaksi.

Koordinaattijärjestelmä: Paikkatietoaineiston sijainnin määrittämiseen käytettävä viitejärjestelmä, jonka avulla kohteet voidaan esittää yhdenmukaisesti kartalla.

Laserkeilausaineisto: Laserkeilauksella tuotettu paikkatietoaineisto, joka kuvaa maanpinnan, kasvillisuuden ja rakenteiden kolmiulotteista sijaintia ja korkeutta.

Laskentakohde: Tässä selvityksessä hiilivaraston ja hiilitaseen laskentaa varten muodostettu paikkatietokohde, jolle on määritetty maankäyttöön, maaperään ja kasvillisuuteen liittyvät ominaisuustiedot.

Laskentaluokka: Tässä selvityksessä hiilivaraston ja hiilitaseen laskennassa käytettävä luokitus, jonka määrittely vaikuttaa

erityisesti matalan kasvillisuuden ja maaperän laskentamenetelmien soveltamiseen.

Luonnonpoistuma: Luonnollisesti kuollut puusto, joka poistuu elävän puuston biomassasta ja jää metsään hajotustoiminnan piiriin.

Maankäytön muutos: Alueen käyttötarkoituksen muuttuminen toiseksi maankäyttöluokaksi. Tässä selvityksessä tarkastellaan kasvullisten alueiden muutosta rakennetuksi ympäristöksi.

Maankäyttösektori: Maankäyttöön, maankäytön muutoksiin ja metsätalouteen liittyvä kasvihuonekaasujen raportointikokonaisuus (Land Use, Land-Use Change and Forestry, LULUCF).

Maanpeiteaineisto: Maan pintaa peittäviä kohteita kuvaava paikkatietoaineisto. Tässä selvityksessä erityisesti Helsingin seudun maanpeiteaineisto. **https://www.hsy.fi/ymparistotieto/avoindata/avoin-data---sivut/helsingin-seudun-maanpeiteaineisto/**

Matala kasvillisuus: Puuston ulkopuolinen alle kahden metrin korkuinen kasvillisuus.

Metsävarakuvio: Puustoltaan, kasvupaikaltaan ja käsittelyhistorialtaan yhtenäinen metsätiedon perusyksikkö.

Nettoekosysteemitase: Nettoekosysteemitase (Net Ecosystem Exchange, NEE) kuvaa ekosysteemin ja ilmakehän välistä hiilen nettovaihtoa yhdistäen maaperän ja kasvillisuuden hiilivirrat.

Nettoperustuotanto: Nettoperustuotanto (Net Primary Production, NPP) kuvaa kasvillisuuden tuottamaa biomassaa kasvien oman hengityksen jälkeen.

Ojitettu turvemaa: Turvemaa, jonka vesitaloutta on muutettu ojituksella, esimerkiksi turvekankaaksi tai turvemaapelloksi muutettu suo.

Ojittamaton turvemaa: Luonnontilainen tai luonnontilaisen kaltainen turvemaa, esimerkiksi rantakosteikko tai suo.

Ortoilmakuva: Ilmakuva, joka on geometrisesti korjattu siten, että kohteiden sijainti vastaa niiden todellista sijaintia maastossa.

Paikkatietoaineisto: Aineisto, johon liittyy sijaintitieto ja jota voidaan analysoida karttapohjaisesti.

Polygoni: Aluetta kuvaava paikkatietokohde, jota rajaa suljettu viiva.

Puskurivyöhyke: Kohteen ympärille määritetty alue, jota käytetään kuvaamaan kohteen vaikutusaluetta tai ympäristöä paikkatietoanalyysissä.

Päästölähde: Prosessi tai ekosysteemi, joka vapauttaa hiiltä ilmakehään.

Rakennettu paljas maa: Maanpeiteaineiston luokituksen mukaan rakennetuksi ympäristöksi luokiteltava paljaan maan kohde, joka tämän selvityksen määrittelyn perusteella koostuu sorasta, kivestä, hiekasta tai täyttömaasta eikä kuulu tämän selvityksen hiilivarasto- tai hiilitaseen laskennan piiriin.

Rakentamaton paljas maa: Maanpeiteaineiston luokituksen mukaan rakentamattomaksi luokiteltava paljas maa, joka tämän selvityksen määrittelyn perusteella ei kuulu rakennettuun ympäristöön, esimerkiksi hakkuuaukeat, kosteikot tai kuivat niityt. Alueelle voidaan maankäyttöluokan ja maaperän mukaan kohdentaa hiilivaraston ja/tai hiilitaseen laskenta.

Rantakosteikko: Vesistöjen ranta-alueilla sijaitseva kosteikko, jonka ominaisuuksiin vaikuttavat sekä maa- että vesiekosysteemien prosessit.

Rasteri: Ruutupohjainen paikkatietoaineisto, jossa tieto on tallennettu samankokoisiin soluihin.

Ravinteisuustaso: Kasvupaikan tai turvemaan ominaisuus, joka kuvaa kasvien käytettävissä olevien ravinteiden määrää ja vaikuttaa kasvillisuuden tuottavuuteen.

Soistuma: Alue, jolla turvetta on muodostunut kivennäismaan päälle, mutta turvekerros on ohut eikä aluetta luokitella varsinaiseksi suoksi.

Turvekangas: Ojitettu turvemaa, jonka kasvillisuus ja puusto muistuttavat metsämaan kasvupaikkoja ojituksen seurauksena.

Turvemaa: Orgaaninen maaperä, jossa turvekerros on merkittävä. Esimerkiksi suo, rantakosteikko, turvekangas tai turvemaapelto.

Vakiotila: Maaperän hiilivaraston ja -taseen mallinnuksessa käytettävä tasapainotila, jossa maaperään tulevan ja

maaperästä poistuvan hiilen määrä on yhtä suuri eikä hiilivarasto muutu ajan kuluessa.

Vektoriaineisto: Pisteistä, viivoista ja/tai alueista muodostuva paikkatietoaineisto, jossa kohteet tallennetaan erillisinä kohteina.

Viheralueiden kunnossapitoluokitus: Viheralueiden kunnossapitoluokitusjärjestelmä (RAMS), jota käytetään viheralueiden hoidon ja ylläpidon suunnitteluun ja luokitteluun.

Yasso07: Maaperän hiilenkiertoa kuvaava malli, jota käytetään orgaanisen aineksen hajoamisen sekä maaperän hiilivaraston muutosten mallintamiseen.

3 Hiilitaselaskennan viitekehys, rajaukset ja tulkinta

Hiilitaseen laskenta perustuu maankäyttösektorin kasvihuonekaasulaskennan kansainvälisiin ja kansallisiin periaatteisiin, joita on tässä selvityksessä sovellettu pääkaupunkiseudun maankäytön ja viherrakenteen tarkasteluun. Tässä luvussa kuvataan selvityksen suhdetta kansainvälisiin ja kansallisiin raportointikäytäntöihin sekä määritellään hiilivarastojen ja hiilitaseen käsitteet, selvityksen rajaukset ja tulosten tulkinnan kannalta keskeiset lähtökohdat.

3.1 Suhde kansainvälisiin ja kansallisiin raportointikäytäntöihin

Kansainvälisesti maankäyttösektorin kasvihuonekaasupäästöjen ja -poistumien seuranta perustuu hallitustenvälisen ilmastonmuutospaneelin (IPCC) laatimiin kasvihuonekaasuinventaario-ohjeisiin sekä YK:n ilmastosopimuksen (UNFCCC) ja Euroopan unionin raportointikäytäntöihin. Maankäyttösektorin päästöraportointia ohjaa Euroopan parlamentin ja Euroopan unionin neuvoston (2023) LULUCF-asetus, joka kattaa metsistä, viljelysmaasta, ruohikkoalueista, kosteikoista, asutusalueista, metsityksestä ja metsäkadosta syntyvät kasvihuonekaasupäästöt ja -poistumat.

Suomessa maankäyttösektorin kasvihuonekaasupäästöt ja -poistumat raportoidaan osana kansallista kasvihuonekaasuinventaariota, jonka laatii Luonnonvarakeskus. Kansallisen kasvihuonekaasuinventaarion tavoitteena on tuottaa yhdenmukaiset, läpinäkyvät ja ajallisesti vertailukelpoiset tiedot maankäyttösektorin päästöistä, poistumista ja hiilivarastojen muutoksista. Kaikkien kasvihuonekaasujen osalta Suomen virallisesta raportoinnista vastaa Tilastokeskus.

Toisin kuin kansallisia kasvihuonekaasuinventaarioita, kaupunki- ja aluetason hiilitaseiden laskentaa ei tällä hetkellä ohjaa yhtä laajasti omaksuttu tai vakiintunut menetelmäkehikko. Tässä selvityksessä hiilitaselaskenta perustuu soveltuvin osin samoihin periaatteisiin ja menetelmällisiin lähtökohtiin kuin kansallinen kasvihuonekaasuinventaario. Menetelmiä on kuitenkin mukautettu pääkaupunkiseudun erityispiirteisiin, käytettävissä oleviin paikkatieto- ja tilastoaineistoihin sekä kaupunkialueen viherrakenteen tarkempaan tarkasteluun.

3.2 Selvityksen rajaukset

Tässä selvityksessä on laskettu pääkaupunkiseudun maankäyttösektorin hiilivarastot ja hiilitaseet sekä maankäytön muutoksen vaikutukset hiilitaseeseen. Hiilivarastot kuvaavat vuoden 2024 tilannetta ja hiilitase vuosien 2023–2024 välisen tarkastelujakson aikana tapahtunutta hiilivarastojen muutosta. Yhdessä tarkasteltuina ne mahdollistavat sekä alueelle sitoutuneen hiilen määrän että siinä tapahtuvien muutosten laskennan.

Tässä selvityksessä negatiivinen hiilitase kuvaa hiilivaraston kasvua eli hiilinielua ja positiivinen hiilitase hiilivaraston pienenemistä eli päästölähdettä. Tulokset esitetään hiilidioksidiksi (CO_2) muunnettuina hiilivarastoina ja hiilitaseina. Kyseessä ei ole hiilidioksidiekvivalenttien tarkastelu, vaan hiilimäärien muuntaminen hiilidioksidimääriksi.

Laskenta on rajattu maankäyttösektorille (LULUCF), joka kattaa maankäytön, maankäytön muutosten ja metsätalouden hiilivarastot sekä niiden muutokset. Selvitys noudattaa kansallisen kasvihuonekaasuinventaarion sekä hallitustenvälisen ilmastonmuutospaneelin maankäyttösektoria koskevien laskentaohjeiden yleisiä periaatteita. Tämä tarkoittaa, että maankäyttösektoria tarkastellaan maankäyttöluokittain ja pyritään huomioimaan ne hiilitaseeseen vaikuttavat tekijät, jotka kansainvälisissä laskentaohjeissa on määritelty huomioitaviksi.

Selvitys on rajattu luonnollisiin hiilinieluihin ja hiilen päästölähteisiin. Tarkastelu kattaa puuston, matalan kasvillisuuden ja maaperän hiilivarastot sekä niiden vuosittaiset muutokset. Tekniset hiilinielut eivät sisälly tarkasteluun.

Laskentaan sisältyvät maankäyttösektorin kasvulliset alueet sekä rakentamaton paljas maa. Maankäytön muutosalueiden vaikutuksia tarkastellaan tarkasteluvuotta edeltävien kahden vuoden aikana tapahtuneiden muutosten perusteella.

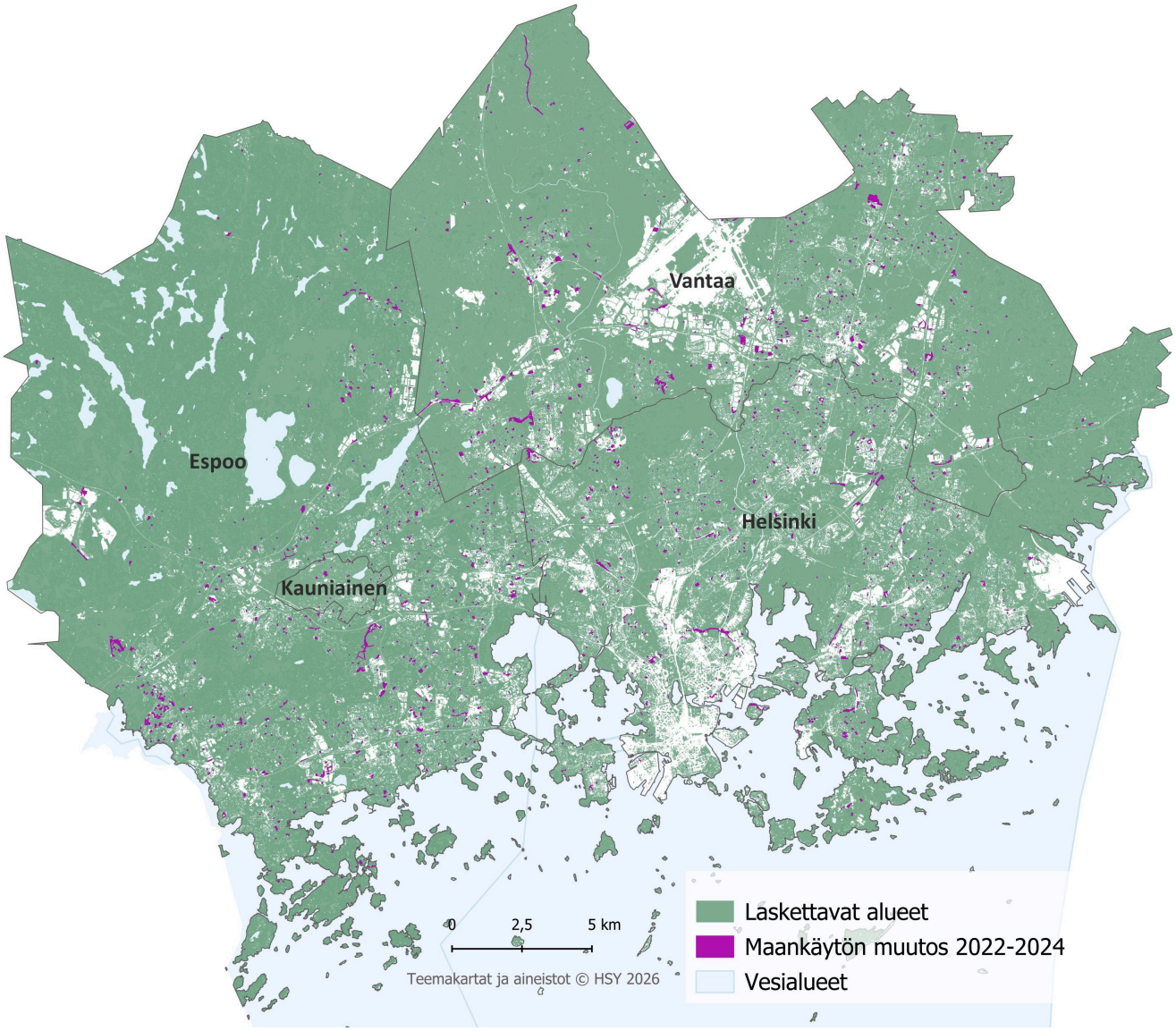
Puuston, matalan kasvillisuuden ja maaperän hiilivarastoja sekä hiilitaseita tarkastellaan erillisinä laskennan osatekijöinä. Näiden laskentaperiaatteet, luokitukset ja lähtötiedot kuvataan tarkemmin raportin menetelmäluvuissa.

Selvityksessä tarkastellaan ainoastaan hiiltä ja hiilivarastojen muutoksia. Muita kasvihuonekaasuja, kuten metaania (CH_4) ja dityppioksidia (N_2O), ei ole sisällytetty laskentaan. Tulokset eivät siten kuvaa maankäyttösektorin kokonaiskasvihuonekaasutasetta, vaan hiilivarastojen ja niiden muutosten muodostamaa hiilitasevaikutusta. Vaikka

tulokset esitetään hiilidioksidiksi (CO_2) muunnettuina, ne eivät ole hiilidioksidiekvivalentteja (CO_2-ekv.) eivätkä siten suoraan verrattavissa kasvihuonekaasuinventaarioiden päästö- ja nielulukuihin.

Laskennan ulkopuolelle on rajattu rakennukset, tiet, muut vettä läpäisemättömät pinnat, avokalliot sekä vesialueet. Lisäksi rakennetulle paljaalle maalle ei lasketa hiilivarastoa eikä hiilitasetta, koska alueilla ei ole tarkastelun kohteena olevia hiiltä sitovia tai varastoivia kasvillisuus- ja maaperäprosesseja.

Edellä kuvatuista rajauksista johtuen tulokset kuvaavat pääkaupunkiseudun kasvillisuuden ja maaperän muodostamia hiilivarastoja sekä niiden muutoksia. Tuloksissa tarkastellaan hiilivarastoja ja niiden muutoksia, ei koko maankäyttösektorin kasvihuonekaasutaseita.



Kuva 3-1. Kartta hiilitaseselvityksessä mukana olevista laskettavista alueista ja maankäytön muutoksen laskennan alueista.

3.3 Tulosten tulkinta ja vertailtavuus

Maankäyttösektorin hiilen sitoutumisen, varastoitumisen ja vapautumisen laskentaan liittyy epävarmuuksia, jotka johtuvat sekä luonnonprosessien monimutkaisuudesta (Luonnonvarakeskus 2026) että laskennassa käytettävien aineistojen ja menetelmien rajoitteista. Näistä epävarmuuksista huolimatta hiilitaseen keskeiset kehityssuunnat ovat usein selkeitä, ja niiden taustalla vaikuttavat tekijät tunnetaan pääosin hyvin.

Tuloksia tulkittaessa on kuitenkin hyvä huomioida laskentamenetelmien erot. Eri maiden ja alueiden laskentatulosten vertailussa on otettava huomioon mahdolliset erot rajauksissa, lähtöaineistoissa ja menetelmissä, vaikka laskenta

perustuukin yhteisiin kansainvälisiin ohjeisiin. Kuntatasolla hiilitaselaskennan menetelmät ovat vielä osin kehittymässä, minkä vuoksi tuloksia ei yleensä voida verrata suoraan muihin kuntiin tai aiemmin laadittuihin selvityksiin.

Tämän selvityksen tuottamaa tietoa hiilen sitoutumisesta ja varastoitumisesta sekä hiilivarastojen alueellisesta jakautumisesta pääkaupunkiseudulla voidaan hyödyntää maankäytön suunnittelun ja ilmastotyön tukena. Hiilitaselaskenta auttaa tarkastelemaan hiilivarastojen, hiilinielujen ja maankäytön muutosten merkitystä sekä tunnistamaan alueita, joilla maankäytön muutokset vaikuttavat olennaisesti hiilitaseeseen. Nyt laadittu laskenta toimii lähtötasona hiilivarastojen sekä hiilitaseen muutosten seurannalle, ja tulevaisuudessa samalla menetelmällä toteutettavat laskennat tarjoavat mahdollisuuden seurata maankäytön kehityksen vaikutuksia hiilitaseeseen ja arvioida niiden merkitystä ajan kuluessa.

Hiilitaselaskennan tuloksia on syytä tarkastella yhdessä muun ilmastotiedon kanssa. Tiedot alueen kasvihuonekaasupäästöistä sekä maankäyttösektorin hiilivarastoista, hiilinieluista ja maankäytön muutosten vaikutuksista täydentävät toisiaan ja muodostavat yhdessä laajemman kuvan alueen ilmastovaikutuksista. Hiilitaselaskennan tuloksia ei kuitenkaan voida suoraan verrata kasvihuonekaasuinventaarioiden päästö- ja nielulukuihin, koska tässä selvityksessä tarkastellaan vain hiiltä eikä muita kasvihuonekaasuja.

4 Lähtöaineistot

Hiilitaselaskennassa käytetyt lähtöaineistot muodostivat monipuolisen ja toisiaan täydentävän kokonaisuuden, jonka avulla eri maankäyttöluokat voitiin määritellä ja pääkaupunkiseudun hiilivarastot sekä hiilitaseet laskea. Aineistojen avulla tarkasteltiin maankäyttöä, puustoa, matalaa kasvillisuutta, maaperää sekä ilmasto-olosuhteita alueellisesti ja ajallisesti. Lähtöaineistot koostuivat paikkatietoaineistoista ja tilastoaineistoista.

Paikkatietoaineistot mahdollistivat hiilitaseen laskennan alueellisen kohdentamisen määrittämällä eri maankäyttömuotojen sijainnin, pinta-alat, kasvillisuuden rakenteen sekä maaperän ominaisuudet. Tilastoaineistot täydensivät paikkatietoaineistoja tarjoamalla tietoa esimerkiksi sääolosuhteista, metsien kehityksestä, viljelykasvien sadoista sekä tuotanto- ja kotieläinten määristä. Yhdessä aineistot muodostivat laskennan lähtötietopohjan puuston, matalan kasvillisuuden, maaperän sekä maankäytön muutosten hiilivarastojen ja hiilitaseiden laskemiselle.

Selvityksessä hyödynnettiin 13 paikkatietoaineistoa ja yhdeksää tilastoaineistoa. Osa aineistoista tuki useita laskentakokonaisuuksia, minkä vuoksi samaa aineistoa voitiin hyödyntää esimerkiksi maankäytön luokittelussa sekä hiilivarastojen ja hiilitaseen laskennassa.

4.1 Paikkatietoaineistot

Asemakaavoitettu alue 2025, Suomen ympäristökeskus

Aineisto sisältää kunnan asemakaavoitetun alueen ulkorajauksen. Se kattaa sekä maankäyttö- ja rakennuslain että sitä edeltäneen rakennuslain mukaiset asemakaavat, mutta ei ranta-asemakaavoja. Aineistoa käytettiin maankäytön muutosalueiden tunnistamisen tukiaineistona analyysisääntöjä määritettäessä.

Asuinalueet 2025, Suomen ympäristökeskus

Asuinaluerajaus kuvaa taajamien asuinvaltaisia alueita ja niiden rakennetyyppejä. Aineistossa alueet jaetaan kerrostaloalueisiin, pientaloalueisiin sekä harvaan pientaloasutukseen rakennuskannan ominaisuuksien ja aluetehokkuuden perusteella. Aineistoa hyödynnettiin maankäytön muutosalueiden tunnistamisen tukiaineistona analyysisääntöjä määritettäessä.

Helsingin seudun maanpeiteaineisto 2022 ja 2024, Helsingin seudun ympäristöpalvelut

Helsingin seudun maanpeiteaineisto kuvaa alueen maanpeitettä ja kasvillisuuden rakennetta. Aineiston tietosisältö perustuu muun muassa maanpeiteaineiston tuotantovuotta edeltävänä vuonna kuvattuihin ortoilmakuviin, laserkeilausaineistoihin ja kuntien aluemuotoisiin paikkatietoaineistoihin. Maanpeiteaineisto sisältää tiedot muun muassa puustosta, matalasta kasvillisuudesta, pelloista, paljaasta maasta sekä vettä läpäisemättömistä pinnoista. Se toimi koko

selvityksen keskeisenä lähtöaineistona kasvullisten alueiden rajaamisessa sekä puuston, peltojen, muun kasvillisuuden ja maankäytön muutosten määrittämisessä.

Hila-aineisto 2020 ja 2024, Suomen metsäkeskus

Hila-aineisto sisältää ruutumuotoista metsävaratietoa. Aineisto sisältää tietoja muun muassa puuston tilavuudesta, iästä ja lajista. Aineisto täydensi puustotietojen alueellista kattavuutta erityisesti metsävarakuvioiden ulkopuolisilla puustoisilla alueilla.

Maaluokka 2023, Luonnonvarakeskus

Maaluokka 2023 on osa Luonnonvarakeskuksen valtakunnan metsien monilähteisen inventoinnin (MVMI) kartta-aineistoa. Aineisto kuvaa metsätalousmaan maaluokkia rasterimuodossa ja sisältää tiedot metsämaasta, kitumaasta ja joutomaasta. Tässä selvityksessä aineistoa käytettiin metsäalueiden määrityksen varmentamiseen.

Maastotietokanta 2025, Maanmittauslaitos

Maastotietokanta sisältää valtakunnallisesti yhtenäiset tiedot maankäytöstä, rakennuksista, liikenneverkoista, soista, niityistä, pelloista ja muista ympäristökohteista. Aineiston avulla määritettiin erityisesti avoimien viheralueiden, kosteikkojen ja rakennetun ympäristön viherrakenteiden alueita.

Maatalousmaa 2021, Suomen ympäristökeskus

Maatalousmaa-aineisto sisältää tiedot peltojen sijainnista ja viljelykasvien alueellisesta jakautumisesta. Aineisto tuki viljelysmaiden pinta-alojen sekä kasvilajikohtaisen maankäytön määrittämistä.

Metsävarakuviot 2015–2024, Suomen metsäkeskus

Metsävarakuviot sisältävät kuviokohtaiset tiedot puustosta, kasvupaikasta ja metsän rakenteesta. Aineistossa esitetään muun muassa puulajit, puuston tilavuus, kasvu, ikä sekä biomassatiedot eri puustonositteille. Aineisto muodosti tässä selvityksessä puuston hiilivaraston, hiilitaseen ja metsien maaperälaskennan keskeisen lähtötietopohjan.

Pääkaupunkiseudun hiilitase 2023–2024, Helsingin seudun ympäristöpalvelut

Tämän selvityksen tulosaineisto sisältää laskennassa tuotetut hiilitase- ja hiilivarastotulokset. Tuloksia hyödynnettiin maankäytön muutosten hiilitaselaskennassa rakentamista edeltäneen hiilivaraston määrittämisessä ja rakentamisen seurauksena menetetyn hiilivaraston laskennassa.

RAMS-kunnossapitoluokat, Helsingin, Espoon, Vantaan ja Kauniaisten kaupungit

RAMS-aineisto sisältää kuntien viheralueiden kunnossapitoluokituksen. Luokitusta hyödynnettiin metsien, avoimien viheralueiden, viljelysmaiden sekä rakennetun ympäristön viherrakenteiden tunnistamisessa ja maankäytön luokittelussa.

Soiden ja turvemaiden ravinteisuustaso 2023, Geologian tutkimuskeskus

Aineisto sisältää tiedot turvemaiden sijainnista, ravinteisuudesta, ojitustilanteesta ja turvemaatyypeistä. Se muodosti perustan turvemaiden tunnistamiselle ja luokittelulle kaikissa tarkastelluissa maankäyttöluokissa.

Turvemaiden alueellinen hiilivarasto 2024, Geologian tutkimuskeskus

Aineisto sisältää alueelliset arvot turvemaiden hiilivarastoista. Tietoja hyödynnettiin erityisesti kosteikkojen ja muiden turvemaiden hiilivarastojen laskennassa.

Tutkitut turvealueet 2014, Geologian tutkimuskeskus

Aineisto sisältää tiedot muun muassa turvekerrostumien ominaisuuksista, turvelajeista ja turvevaroista. Aineisto perustuu maastossa tehtyihin suotutkimuksiin. Aineistoa hyödynnettiin turpeen paksuuden määrittämisessä pääkaupunkiseudun tutkituilla turvealueilla.

4.2 Tilastoaineistot

Energiapuun kauppa 2014–2024, Luonnonvarakeskus

Tilasto sisältää tiedot energiapuun kauppamääristä eri puutavaralajeittain. Aineistoa käytettiin energiapuuksi korjattavan

biomassan rakenteen ja ositteiden suhteiden tarkastelussa.

Hakkuukertymä ja puuston poistuma 2015–2024, Luonnonvarakeskus

Tilasto kuvaa maakunnittaisia hakkuukertymiä ja puuston kokonaispoistumaa. Tietoja hyödynnettiin puuston poistuman rakenteen ja biomassavirtojen laskennassa.

Hevosten pitopaikat kunnittain 2024, Hevosalan osaamiskeskus ry, Suomen Hippos ry ja Suomen ratsastajainliitto ry

Aineisto esittää tiedot hevosten määrästä ja hevosten pitopaikoista kunnittain. Se täydensi kotieläinaineistoja erityisesti hevosten määrien osalta.

Kotieläinten lukumäärä 2014–2024, Luonnonvarakeskus

Tilasto tarjoaa kunnittaiset tiedot kotieläinten määristä eläinryhmittäin. Aineistoa hyödynnettiin viljelysmaihin liittyvien biomassavirtojen laskennassa.

Kuolleen puuston keskitilavuus metsämaalla 2009–2023, Luonnonvarakeskus

Tilasto sisältää tiedot metsämaiden kuolleen puuston keskitilavuudesta. Aineisto kuvaa lahopuun määrän alueellista vaihtelua ja kehitystä. Sitä hyödynnettiin luonnonpoistuman arvon johtamisessa.

Monilähteisen valtakunnan metsien inventoinnin kunnittaiset metsävarataulukot 2015–2021, Luonnonvarakeskus

Kunnittaisiin taulukoihin on koostettu tiedot metsien pinta-aloista, puulajisuhteista ja puuston biomassoista kivennäis- ja turvemailla. Aineisto toimi tulosten vertailu- ja laadunvarmistusaineistona maaperän hiilisyötettä laskettaessa.

Puun markkinahakkuut 2021–2024, Luonnonvarakeskus

Tilasto sisältää kunnittaiset tiedot markkinahakkuista puulajeittain ja käyttötarkoituksittain. Aineisto tarjoaa tietoa teollisuus- ja energiapuun hakkuumääristä sekä puubiomassan poistumasta.

Satotilasto 1999–2024, Luonnonvarakeskus

Tilastoon on koostettu viljelykasvien hehtaarikohtaiset satomäärät maakunnittain. Aineisto kuvaa eri viljelykasvien sadontuotantoa. Tässä selvityksessä se tuki viljelykasvien biomassan arvojen määrittämistä.

Säähavainnot Helsinki–Vantaa 1990–2024, Ilmatieteen laitos

Aineisto sisältää kuukausittaiset havainnot lämpötilasta, sademäärästä ja muista säätekijöistä Helsinki–Vantaan havaintoasemalla. Pitkä havaintosarja kuvaa alueen ilmasto-olosuhteita ja niiden ajallista vaihtelua. Aineistoa hyödynnettiin viljelysmaiden ja metsien maaperän hiilivaraston ja -taseen mallinnuksessa.

4.3 Lähtöaineistojen käyttö eri laskentakokonaisuuksissa

Hiilitaseselvityksen laskenta jakautui viiteen pääkokonaisuuteen:

1. laskennan määrittelyyn
2. puuston hiilivaraston ja hiilitaseen laskentaan
3. matalan kasvillisuuden hiilivaraston ja hiilitaseen laskentaan
4. maaperän hiilivaraston ja hiilitaseen laskentaan
5. maankäytön muutoksen hiilitaseen laskentaan

Useita aineistoja hyödynnettiin useammassa laskentakokonaisuudessa, mutta niiden käyttötarkoitukset vaihtelivat tarkasteltavan hiilitaseen osatekijän mukaan.

Laskennan määrittelyssä muodostettiin laskennan alueelliset rajaukset, maankäyttöluokat, maaperäluokat sekä eri laskentakokonaisuuksien kohdealueet. Keskeisiä lähtöaineistoja olivat Helsingin seudun maanpeiteaineisto, Suomen metsäkeskuksen hila-aineisto, kaupunkien RAMS-kunnossapitoluokat, Maanmittauslaitoksen Maastotietokanta, Luonnonvarakeskuksen Maaluokka-aineisto sekä Geologian tutkimuskeskuksen Soiden ja turvemaiden ravinteisuustasoja kuvaava aineisto. Näiden avulla määritettiin muun muassa puustoiset alueet, matalan kasvillisuuden alueet, turvemaat ja kivennäismaat sekä eri maankäyttöluokkien rajaukset.

Puuston hiilivaraston ja hiilitaseen laskenta perustui ensisijaisesti Suomen metsäkeskuksen metsävarakuvio- ja hila-aineistoihin, joista saatiin tiedot puuston määrästä, rakenteesta ja biomassasta. Helsingin seudun maanpeiteaineistoa

käytettiin puustoisten alueiden tunnistamiseen ja puustotietojen alueellisen kattavuuden täydentämiseen.

Matalan kasvillisuuden hiilivaraston ja hiilitaseen laskenta rakentui laskennan määrittelyssä muodostettuihin maankäyttö- ja maaperäluokkien yhdistelmien varaan.

Maaperän hiilivaraston ja hiilitaseen laskennassa hyödynnettiin selvityksen laajinta aineistokokonaisuutta. Maaperän ominaisuuksia kuvattiin erityisesti Geologian tutkimuskeskuksen soiden ja turvemaiden ravinteisuustasoja, tutkittuja turvemaita sekä turvemaiden alueellista hiilivarastoa kuvaavilla aineistoilla. Biomassasyötteiden arvoja määritettäessä hyödynnettiin metsävarakuvioita, hakkuu- ja poistumatilastoja, energiapuun kauppaa, kuolleen puuston tilastoja, satotilastoja sekä kotieläin- ja hevosaineistoja. Lisäksi Ilmatieteen laitoksen sääaineistoja käytettiin kuvaamaan maaperän hiilenkiertoon vaikuttavia ilmasto-olosuhteita. Maaperälaskennan tuloksia tarkasteltiin myös suhteessa Luonnonvarakeskuksen monilähteisen valtakunnan metsien inventoinnin metsävarataulukoihin.

Maankäytön muutoksen analyysi pohjautui vuosien 2022 ja 2024 Helsingin seudun maanpeiteaineistojen vertailuun sekä Geologian tutkimuskeskuksen Soiden ja turvemaiden ravinteisuustasoihin. Muutosten vaikutukset hiilivarastoihin laskettiin hyödyntämällä tässä selvityksessä tuotettuja hiilitase- ja hiilivarastotuloksia. Tukiaineistoina analyysin rajauksessa ja sääntöjen muodostamisessa toimi Suomen ympäristökeskuksen Asemakaavoitetut alueet ja Asuinalueet vuodelta 2025 ja Maanmittauslaitoksen Maastotietokanta vuodelta 2025.

Hiilitaseselvityksen laskenta perustui useiden erillisten aineistojen yhdistämiseen. Paikkatietoaineistot muodostivat alueellisen perustan maankäytön, kasvillisuuden ja maaperän määrittämiselle, kun taas tilastoaineistot täydensivät tarkastelua ajallisesti kattavilla tiedoilla biomassavirroista, sadoista, sääoloista ja metsien kehityksestä. Aineistojen valmistelu, yhteensovittaminen ja laskennallinen hyödyntäminen kuvataan tarkemmin seuraavissa luvuissa.

Taulukko 4-1. Käytetyt lähtöaineistot laskentakokonaisuuksittain.

Laskentakokonaisuus	**Keskeiset lähtöaineistot**
Laskennan määrittely	Helsingin seudun maanpeiteaineisto 2024, Hila-aineisto 2020, Maaluokka 2023, Maastotietokanta 2025, RAMS-kunnossapitoluokat, Soiden ja turvemaiden ravinteisuustaso 2023
Puusto	Helsingin seudun maanpeiteaineisto 2024, Hila-aineisto 2020 ja 2024, Metsävarakuviot 2023–2024
Matala kasvillisuus	ks. Laskennan määrittely
Maaperä	Energiapuun kauppa 2014–2024, Hakkuukertymä ja puuston poistuma 2015–2024, Hevosten pitopaikat kunnittain 2024, Helsingin seudun maanpeiteaineisto 2024, Kotieläinten lukumäärä 2014–2024, Kuolleen puuston keskitilavuus 2009–2023, Metsävarakuviot 2015–2024, Monilähteisen valtakunnan metsien inventoinnin kunnittaiset metsävarataulukot 2015–2021, Puun markkinahakkuut 2021–2024, Satotilasto 1999–2024, Soiden ja turvemaiden ravinteisuustaso 2023, Säähavainnot Helsinki–Vantaa 1990–2024, Turvemaiden alueellinen hiilivarasto 2024, Tutkitut turvealueet 2014
Maankäytön muutos	Helsingin seudun maanpeiteaineistot 2022 ja 2024, Pääkaupunkiseudun hiilitase 2023–2024, Soiden ja turvemaiden ravinteisuustaso 2023

5 Lähtöaineistojen valmistelu ja esikäsittely

Lähtöaineistojen valmistelun ja esikäsittelyn tavoitteena oli tuottaa analyysia varten alueellisesti yhteneväinen lähtöaineistokokonaisuus. Kaikki käytettävät lähtöaineistot rajattiin pääkaupunkiseudulle Helsingin seudun maanpeiteaineiston tulkinta-alueen rajojen mukaisesti ja projisoitiin ETRS-GK25FIN-koordinaattijärjestelmään (EPSG:3879).

Rajauksen ja projisoinnin lisäksi Maanmittauslaitoksen (2026) Maastotietokannan viiva- ja pistemäisistä kohteista luotiin analyysissa käytettävät aluerajaukset puskurivyöhykkeiden avulla. Turvemaita kuvaavat lähtöaineistot yhdistettiin yhtenäiseksi analyysiaineistoksi, jonka perusteella muodostettiin laskennassa käytettävät ojitettujen ja ojittamattomien turvemaiden luokat. Nämä esikäsittelyn vaiheet on kuvattu tarkemmin seuraavissa alaluvuissa.

5.1 Maastotietokannan kohteiden esikäsittely

Maastotietokannan kohteiden esikäsittelyn tavoitteena oli muodostaa analyysissa käytettävät aluerajaukset rakennusten, liikenneväylien ja johtoverkoston ympärille. Aluerajaukset luotiin kohdeluokittain määritettyjen puskurivyöhykkeiden avulla.

5.1.1 Rakennettujen kiinteistöjen esikäsittely

Rakennukset poimittiin Maastotietokannasta, minkä jälkeen niiden olemassaolo vuonna 2024 tarkistettiin Helsingin seudun maanpeiteaineiston avulla. Rakennukset luokiteltiin kolmeen ryhmään:

- asuinrakennukset ja muut rakennukset
- lomarakennukset
- pääkaupunkiseudun kuntien Helsingin seudun maanpeiteaineiston tuotantoa varten toimittamat rakennukset, jotka eivät esiinny Maastotietokannassa.

Rakennusten ympärille luotiin kiinteistörajoihin perustuvat puskurivyöhykkeet. Puskurivyöhykkeet rajattiin siten, etteivät ne ulottuneet kiinteistörajojen ulkopuolelle.

5.1.2 Teiden, rautateiden ja johtoverkoston esikäsittely

Tieverkon, rautateiden ja johtoverkoston ympärille muodostettiin puskurivyöhykkeet Maastotietokannan kohdeluokituksen perusteella. Kohteet jaettiin luokkiin niiden ominaisuuksien perusteella, minkä jälkeen kullekin kohdeluokalle määritettiin oma puskurileveytensä.

Puskurivyöhykkeet luotiin maan tasalla kulkevalle tieverkolle ja rautateille sekä johtoverkostolle. Esikäsittelyssä käytetyt puskurileveydet eri kohdeluokille on esitetty taulukossa 5-1.

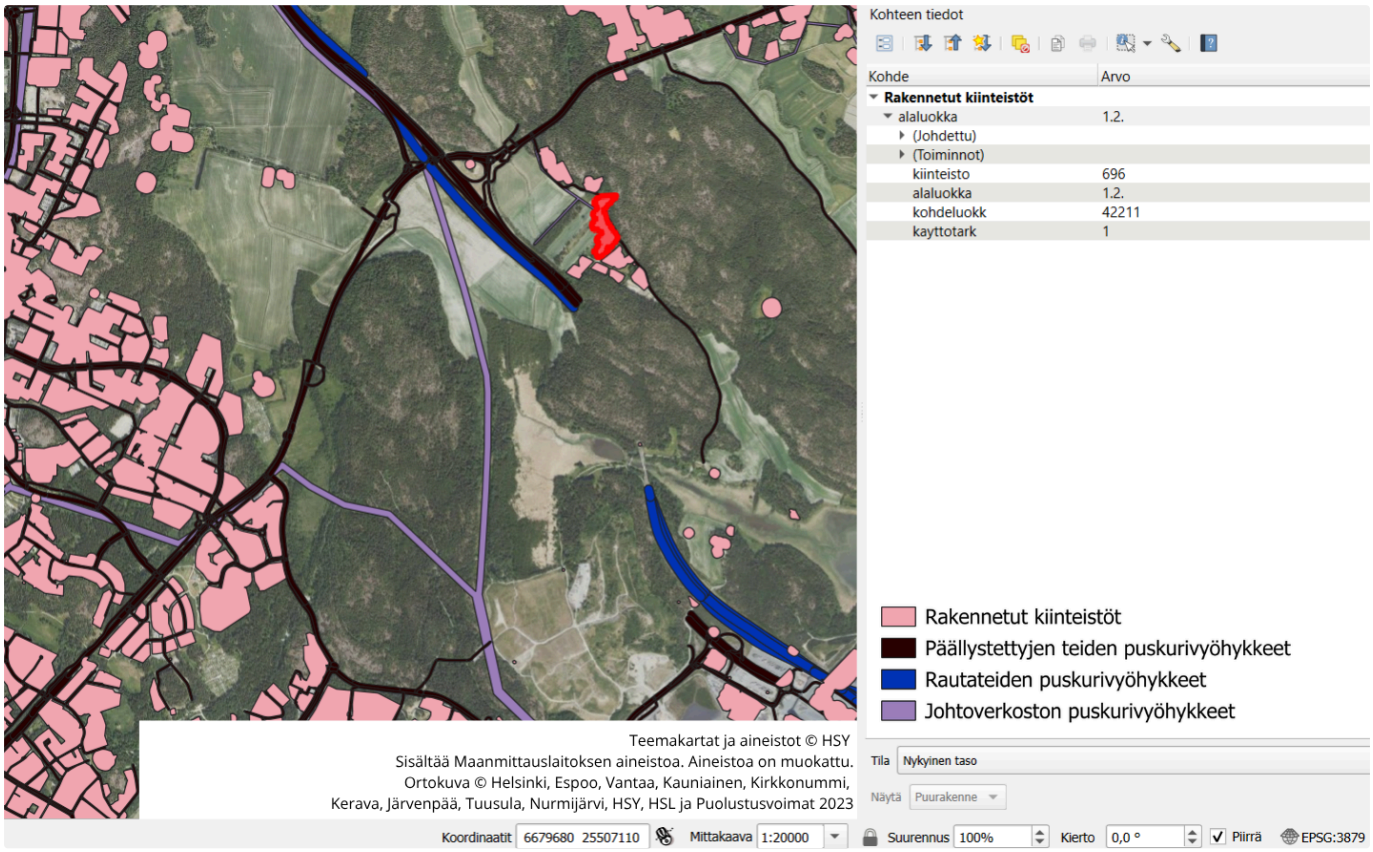
Taulukko 5-1. Maastotietokannan kohteiden puskurivyöhykkeiden leveydet.

Kohdeluokka	Puskurivyöhykkeen leveys (m)
Asuinrakennukset ja muut rakennukset	40
Lomarakennukset	10
Maanpeiteaineiston rakennukset	5
Moottoritiet	20
Leveät kaksikaistaiset ajoradat	15
Muut kaksikaistaiset ajoradat	10
Yksikaistaiset ajoradat, kevyen liikenteen väylät ja päällystetyt ajopolut	5
Rautatiet	20
Suurjännitelinjat	15
Jakelujännitelinjat	5

5.1.3 Esikäsitellyt Maastotietokannan aineistotasot

Maastotietokannan kohteiden esikäsittelyn tuloksena muodostettiin analyysissa käytettävät aluerajausten aineistotasot rakennettujen kiinteistöjen, tieverkon, rautateiden ja johtoverkoston vaikutusalueille. Näitä aineistoja hyödynnettiin

myöhemmissä vaiheissa maankäytön määrittämisessä ja laskentaluokkien muodostamisessa.



Kuva 5-1. Esimerkkikuva Maastotietokannan kohteille luoduista puskurivyöhykkeistä Vuosaaren sataman pohjoispuolelta Helsingissä. Kuvassa havainnollistuu se, että vaikutusalueissa huomioitiin vain tiestön ja rautatiestön maanpäälliset osat.

5.2 Turvemaiden esikäsittely

Turvemaiden esikäsittelyn tavoitteena oli muodostaa alueellisesti ja tietosisällöllisesti kattava turvemaa-aineisto. Esikäsittelyssä yhdistettiin Geologian tutkimuskeskuksen (2023) Soiden ja turvemaiden ravinteisuustaso -aineisto sekä Maanmittauslaitoksen Maastotietokannan suo-, soistuma- ja vesijättöalueiden kohteet. Samalla määritettiin turvemaiden ravinteisuustaso sekä turvekerroksen paksuus niiltä osin kuin tiedot olivat saatavilla avoimista lähteistä.

Esikäsittelyn ensimmäisessä vaiheessa kaikki turvemaita kuvaavat lähtöaineistot yhdistettiin yhtenäiseksi analyysiaineistoksi, joka sisälsi sekä ojitetut että ojittamattomat turvemaat. Tämän jälkeen aineistosta muodostettiin erilliset aineistot ojitetuille ja ojittamattomille turvemaille.

5.2.1 Ojitustilanteen ja ravinteisuustason menettelyt yhdistelmäaineistossa

Yhdistetystä turvemaa-aineistosta erotettiin ojittamattomat turvemaat. Aineistoa täydennettiin turvemaita leikkaavilla suo-, soistuma- ja vesijättöaluekohteilla. Yli sadan neliömetrin suuruiset suo- ja soistumakohteet, joille ei ollut saatavilla tietoa ojituksesta, luokiteltiin ojittamattomiksi turvemaiksi. Alle sadan neliömetrin suuruiset suo- ja soistuma-alueet yhdistettiin viereisiin turvemaa-alueisiin ojitustilanteesta riippumatta.

Lopuksi aineistoon liitettiin ojittamattomia turvemaita leikkaavat vesijättöalueet, jolloin myös rannikkokosteikoille voitiin määrittää ravinteisuustaso. Näiden vaiheiden perusteella turvemaat luokiteltiin ojitettuihin ja ojittamattomiin turvemaihin jatkolaskentaa varten.

5.2.2 Tutkitut turvealueet

Pääkaupunkiseudulla sijaitsee noin 60 Geologian tutkimuskeskuksen tutkimaa turvealuetta, joista on saatavilla tietoja muun muassa turpeen keskimääräisestä paksuudesta. Tutkittujen turvealueiden tiedot koottiin Geologian

tutkimuskeskuksen (2026a) karttapalvelusta ja yhdistettiin Geologian tutkimuskeskuksen (2026b) rajapinnan kautta saatuihin paikkatietokohteisiin kohdekohtaisen tunnisteen avulla.

Yhdistämisen tuloksena muodostettiin pistemuotoinen paikkatietoaineisto, joka sisälsi tutkittujen turvealueiden sijainnin sekä tiedon turpeen keskimääräisestä paksuudesta. Aineistoa käytettiin myöhemmissä analyysivaiheissa turpeen paksuustiedon tarkentamiseen.

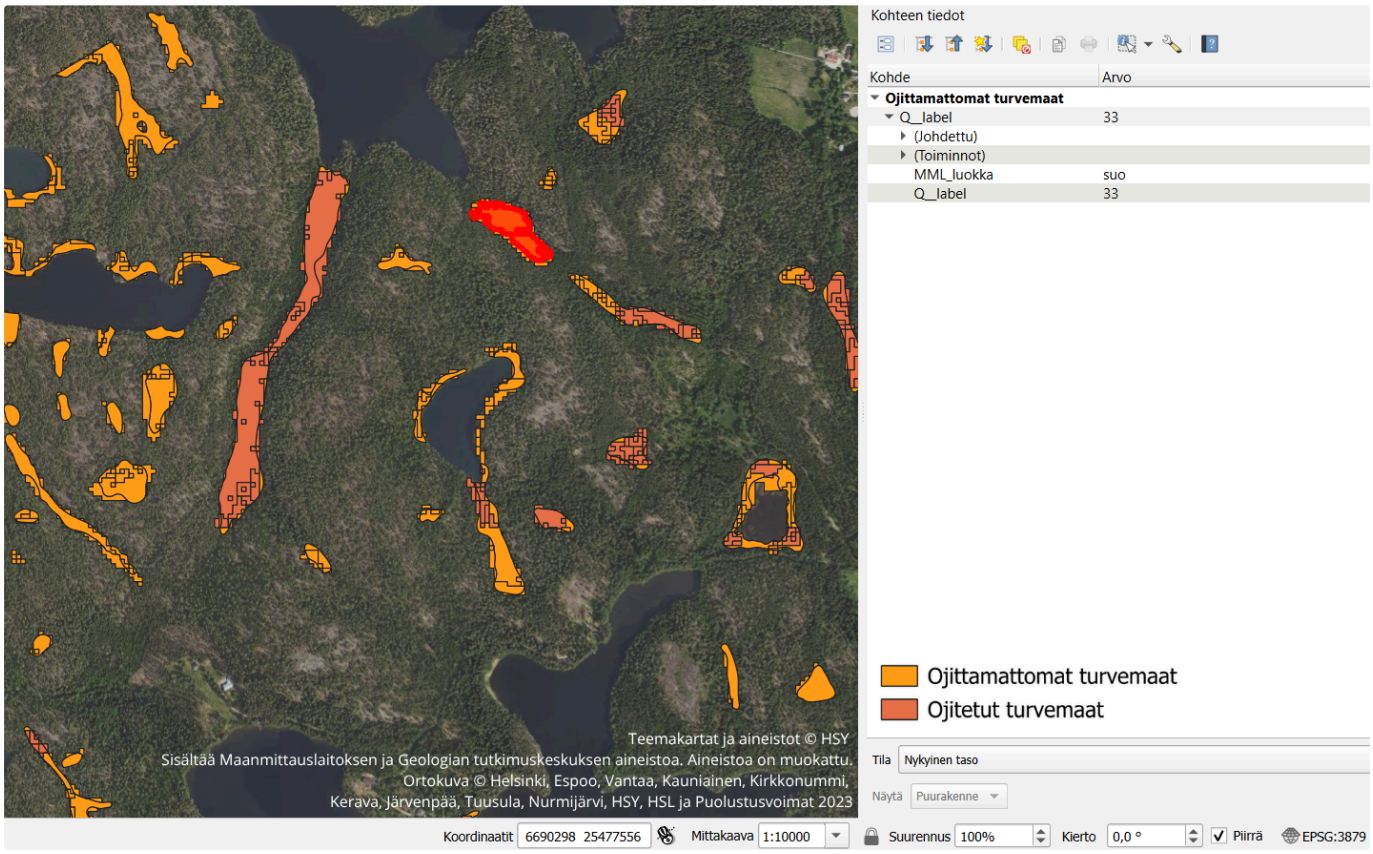
5.2.3 Esikäsitellyt turvemaiden aineistotasot

Turvemaiden esikäsittelyn tuloksena muodostettiin kolme analyysissa käytettävää aineistoa:

- ojittamattomat turvemaat
- ojitetut turvemaat
- tutkittujen turvealueiden pistemuotoinen aineisto

Ojitettujen ja ojittamattomien turvemaiden aineistot sisälsivät tiedon turvemaan tyypistä, ravinteisuusluokasta ja turpeen paksuusluokasta. Turvemaan tyyppi kuvattiin luokilla suo, soistuma, vesijättöalue tai muu turvemaa. Turpeen paksuus luokiteltiin kolmeen luokkaan: alle 30 cm, yli 30 cm tai ei tiedossa.

Tutkittujen turvealueiden pistemuotoinen aineisto sisälsi kohdekohtaiset tiedot turpeen keskimääräisestä paksuudesta senttimetreinä. Aineistoa käytettiin myöhemmissä vaiheissa turpeen paksuustiedon tarkentamiseen niillä alueilla, joilta oli saatavilla kohdekohtaisia mittaustietoja.



Kuva 5-2. Esimerkkikuva yhdistetyistä turvemaiden aineistotasoista Velskolan alueelta Espoossa. Pyöreäpiirteiset aluerajat pohjautuvat Maastotietokantaan ja suorakulmaiset aluerajat Soiden ja turvemaiden ravinteisuustasojen aineistoon.

5.3 Epävarmuudet aineistojen valmistelussa ja esikäsittelyssä

Aineistojen valmisteluun ja esikäsittelyyn liittyvät epävarmuudet aiheutuivat pääasiassa lähtöaineistojen rajaus- ja sijaintieroista sekä aineistojen käsittelyssä käytetyistä yleistyksistä. Erityisesti viiva- ja pistemäisistä kohteista

muodostetut puskurivyöhykkeet perustuivat menetelmällisiin valintoihin, minkä vuoksi muodostetut aluerajaukset eivät kaikissa tapauksissa vastanneet kohteiden todellista vaikutusaluetta.

Turvemaiden esikäsittelyyn liittyi epävarmuutta erityisesti alueilla, joilta ei ollut saatavilla yksityiskohtaisia tietoja ojituksesta, turpeen paksuudesta tai ravinteisuustasosta. Lisäksi eri lähtöaineistojen rajaukset voivat poiketa toisistaan, mikä vaikutti muodostettujen turvemaa-aineistojen tarkkuuteen.

Epävarmuuksista huolimatta aineistojen esikäsittely mahdollisti yhtenäisen ja koko tarkastelualueen kattavan lähtötietoaineiston muodostamisen myöhempiä määrittely- ja laskentavaiheita varten.

5.4 Vaiheen lopputulos

Esikäsittelyn tuloksena muodostettiin alueellisesti yhteneväinen lähtöaineistokokonaisuus, jossa kaikki laskennassa käytettävät aineistot oli rajattu samalle tarkastelualueelle ja projisoitu samaan koordinaattijärjestelmään. Vaiheessa tuotettiin Maastotietokannan kohteisiin perustuvat vaikutusalueiden aluerajaukset sekä turvemaita kuvaavat analyysiaineistot. Näitä aineistoja hyödynnettiin seuraavassa maankäyttö- ja maaperätietojen sekä laskentaluokkien määrittämisen vaiheissa.

6 Laskennan määrittely

Hiilivarastojen ja hiilitaseiden laskenta perustui tässä selvityksessä viiteen maankäytön pääluokkaan, jotka muodostettiin pääkaupunkiseudun maankäytön ja viherrakenteen ominaispiirteet huomioiden. Pääluokat perustuivat Suomen kasvihuonekaasuinventaariossa ja hallitustenvälisen ilmastonmuutospaneelin laskentaohjeissa käytettäviin maankäyttöluokkiin, mutta niitä sovellettiin pääkaupunkiseudun maankäytön ja viherrakenteen tarkasteluun sopiviksi.

Selvityksessä käytettävät maankäytön pääluokat olivat: metsät, avoimet viheralueet, rakennetun ympäristön viherrakenteet, viljelysmaat ja kosteikot. Maankäytön pääluokat muodostivat perustan hiilivarastojen ja hiilitaseiden laskennalle sekä tulosten raportoinnille. Kullekin pääluokalle määritettiin omat laskentamenetelmänsä sekä tarvittavat lähtötiedot puuston, matalan kasvillisuuden ja maaperän hiilivarastojen ja hiilitaseiden laskemiseksi.

Taulukko 6-1. Laskennassa käytetyt maankäytön pääluokat.

Maankäytön pääluokka	**Kuvaus**	**Vastaava IPCC:n maankäyttöluokka**
Metsä	Puustovaltainen alue, jonka hiilivarasto ja hiilitase muodostuvat puuston, aluskasvillisuuden ja maaperän yhteisvaikutuksesta.	Metsämaa (Forest Land)
Avoin viheralue	Puuton tai vähäpuustoinen kasvullinen alue, kuten niitty, maisemapelto tai muu ruohovartisen kasvillisuuden hallitsema alue.	Ruohikkoalue (Grassland)
Rakennetun ympäristön viherrakenne	Rakennetussa ympäristössä sijaitseva kasvullinen alue – kuten puisto, piha, katuviheralue, liikenneympäristöjen viheralue tai muu hoidettu viheralue.	Asutusalue (Settlements)
Viljelysmaa	Maatalouskäytössä oleva pelto tai muu viljelyalue, jonka hiilivarasto ja hiilitase muodostuvat kasvillisuuden ja maaperän vuorovaikutuksesta.	Viljelysmaa (Cropland)
Kosteikko	Pysyvästi tai tilapäisesti vetinen alue, kuten suo ja rantakosteikko, joiden hiilenkierto poikkeaa olennaisesti muista maankäyttöluokista.	Kosteikko (Wetlands)

Laskennan määrittelyn tavoitteena oli muodostaa kaikille pääkaupunkiseudun kasvullisille alueille laskentaluokka, jonka perusteella alueen hiilivarasto ja hiilitase voitiin myöhemmissä analyysivaiheissa laskea. Tässä selvityksessä laskentaluokalla tarkoitetaan maankäyttöön, maaperään ja kasvillisuuteen perustuvaa luokitusta, joka määrittää alueelle sovellettavan hiilivaraston ja -taseen laskentamenetelmän.

Laskennan määrittely toteutettiin neljässä vaiheessa:

1. maankäyttö- ja maaperätietojen määrittäminen
2. laskentaluokkien määrittäminen
3. laskentaluokkien kohdentaminen Helsingin seudun maanpeiteaineistoon
4. maanpeiteaineistosta riippuvien määrittelyjen toteuttaminen

Seuraavissa alaluvuissa kuvataan menettelyt näistä neljästä laskennan määrittelyn vaiheesta.

6.1 Maankäyttö- ja maaperätietojen määrittäminen

Vaiheen tavoitteena oli muodostaa Helsingin seudun maanpeiteaineistoon perustuva, koko pääkaupunkiseudun kattava maankäyttö- ja maaperäluokitus, joka toimi perustana laskentaluokkien määrittämiselle. Tätä varten laskennassa

hyödynnettävät paikkatietoaineistot yhdistettiin yhtenäiseksi aineistokokonaisuudeksi, jossa jokaiselle alueelle määritettiin maankäytön pääluokka sekä maaperäluokka.

Maankäyttötietojen määrittäminen perustui aineistojen hierarkkiseen priorisointiin. Korkeamman prioriteetin aineistot ohjasivat luokittelua ennen alemmalla tasolla olevia aineistoja, jolloin päällekkäisistä aineistoista muodostui koko tarkastelualueen kattava ja keskenään ristiriidaton luokitus. Käytetty hierarkia oli seuraava:

1. RAMS-kunnossapitoluokat
2. Helsingin seudun maanpeiteaineiston pellot
3. Maastotietokannan kohdeluokat
4. Metsäkeskuksen metsävarakuviot
5. rakennettujen kiinteistöjen puskurivyöhykkeet
6. teiden, rautateiden ja johtoverkoston puskurivyöhykkeet
7. Helsingin seudun maanpeiteaineiston päällystettyjen teiden ja muiden vettä läpäisemättömien pintojen puskurivyöhykkeet

6.1.1 Alustava jako metsiin ja muuhun maankäyttöön

Maankäyttötietojen määrittäminen aloitettiin jakamalla tarkastelualue alustavasti metsäalueisiin ja muuhun maankäyttöön. Metsäalueiksi tulkittiin Suomen metsäkeskuksen hila-aineiston ruudut, jotka oli luokiteltu metsämaaksi, kitumaaksi tai joutomaaksi. Metsien ulkopuolelle jäävät alueet muodostivat alustavan luokan muu maankäyttö. Tämän alustavan jaottelun tarkoituksena oli erottaa metsäalueet muista maankäyttömuodoista ennen tarkempaa maankäyttöluokittelua.

6.1.2 RAMS-kunnossapitoluokat

Kaupunkien viheralueiden kunnossapitoluokitukseen perustuvat RAMS-kunnossapitoluokat (Helsingin kaupunki 2019; Kauniaisten kaupunki 2025; Vantaan kaupunki 2025; Espoon kaupunki 2026) muodostivat maankäyttötietojen määrittämisen korkeimman prioriteettitason. RAMS-kunnossapitoluokille määritettiin maankäytön pääluokka käyttötarkoitusten mukaisesti:

- R-luokat: rakennetun ympäristön viherrakenne
- A-luokat: avoin viheralue tai viljelysmaa
- M-luokat: metsä

Muutosluokat (X-luokat) tulkittiin sen kunnossapitoluokan mukaisesti, jossa aluetta ylläpidettiin ennen maankäytön muutosta. Mikäli alkuperäistä kunnossapitoluokkaa ei ollut tiedossa, alue luokiteltiin rakennetun ympäristön viherrakenteeksi.

Suojelualueita kuvaavat S-luokat eivät sellaisenaan kuvaa alueen maankäyttöä tai kasvillisuutta, minkä vuoksi niiden lopullinen luokitus perustui myöhemmissä vaiheissa muiden lähtöaineistojen sisältämään tietoon. Metsäluokille liitettiin lisäksi tieto maaluokasta (metsämaa, kitumaa tai joutomaa, mitkä perustuvat alueen puuntuottokykyyn) Suomen metsäkeskuksen (2020) hila-aineiston perusteella.

Maisemapeltoihin kuuluvat alueet eli A5-luokat määriteltiin joko avoimeksi viheralueeksi tai viljelysmaaksi riippuen siitä, sijaitsiko alue Helsingin seudun maanpeiteaineiston peltopolygonien sisällä vai ei. Taulukossa 6-2 on kuvattu maankäytön pääluokan määrittely RAMS-kunnossapitoluokkien mukaisesti.

Taulukko 6-2. RAMS-kunnossapitoluokkien maankäytön pääluokkien määrittely.

Ryhmä	RAMS-luokat	Kunnossapitoluokan kuvaus	Pääluokka
R-luokat	R1–R4, Rx	Rakennettu arvoviheralue, Toimintaviheralue, Käyttöviheralue, Suoja- ja vaihettumisviheralue, Muutosalue	Rakennetun ympäristön viherrakenne
A-luokat	A1–A5, Ax	Arvoniitty, Käyttöniitty, Maisemaniitty, Avoin alue, Maisemapelto, Muutosalue	Avoin viheralue, Viljelysmaa
M-luokat	M1–M5, Mx	Arvometsä, Lähimetsä, Ulkoilu- ja virkistysmetsä, Suojametsä, Talousmetsä, Muutosalue	Metsä
S-luokka	S	Suojelualue	Ei määritelty
X-luokat	X	Muutosalue	Rakennetun ympäristön viherrakenne

6.1.3 Viljelysmaat

Viljelysmaiden määrittäminen perustui Helsingin seudun maanpeiteaineiston peltoluokkaan. Peltopolygoneille määritettiin maankäytön pääluokka viljelysmaa.

Viljelysmaiden rajaus perustui yksinomaan maanpeiteaineiston peltoluokitukseen, koska sen katsottiin kuvaavan tarkastelualueen maankäyttöä luotettavimmin vuoden 2024 tilanteessa. Mikäli alueella esiintyi samanaikaisesti myös RAMS-kunnossapitoluokitus, säilytettiin tieto osana alueen ominaisuustietoja myöhempää laskentaluokkien määrittämistä varten.

6.1.4 Maastotietokannan luokkien käsittely

RAMS-kunnossapitoluokkien ja viljelysmaiden määrittämisen jälkeen tarkennettiin niiden alueiden maankäyttöä, joiden käyttötarkoitus oli tunnistettavissa Maastotietokannan kohdeluokkien perusteella.

Maastotietokannan kohteista hyödynnettiin ne, jotka voitiin erottaa metsäalueista ja jotka edustivat rakennetun ympäristön viherrakenteita, avoimia viheralueita tai kosteikkoja. Kohteille määritettiin maankäytön pääluokka niiden käyttötarkoituksen perusteella taulukon 6-3 osoittamalla tavalla.

Maastotietokannan pellot, jotka eivät sisältyneet Helsingin seudun maanpeiteaineiston peltoluokkaan, määritettiin avoimiksi viheralueiksi.

Taulukko 6-3. Maastotietokannan kohteiden maankäytön pääluokkien määrittely.

Maastotietokannan kohde	Pääluokka
Niitty, Pelto	Avoin viheralue
Allas, Autoliikennealue, Hautausmaa, Kaatopaikka, Lentokenttäalue, Louhos, Maa-aineksen ottoalue, Muuntoasema, Puisto, Puutarha, Satama-alue, Taajama, Täytemaa, Urheilu- ja virkistysalue, Varastoalue	Rakennetun ympäristön viherrakenne
Vesijättöalue	Kosteikko

6.1.5 Metsävarakuviot

Maastotietokannan perusteella määritettyjen alueiden jälkeen tarkasteltiin Suomen metsäkeskuksen metsävarakuvioita. Metsävarakuvioiden kattamat alueet määritettiin maankäytön pääluokkaan metsä, ja niille liitettiin Metsäkeskuksen hila-aineiston mukainen maaluokkatieto.

6.1.6 Rakennetut kiinteistöt, johtoverkosto, tiet ja rautatiet

Esikäsittelyvaiheessa muodostettujen rakennettujen kiinteistöjen, tieverkon, rautateiden ja johtoverkoston puskurivyöhykkeiden avulla tunnistettiin alueita, joiden maankäyttö oli määritettävissä kohteen käyttötarkoituksen perusteella.

Taulukossa 6-4 on kuvattu, kuinka johtoverkostojen vaikutusalueet määritettiin avoimiksi viheralueiksi, kun taas rakennettujen kiinteistöjen, tiealueiden ja rautateiden vaikutusalueet määritettiin rakennetun ympäristön viherrakenteiksi.

Taulukko 6-4. Maastotietokannan kohderyhmien maankäytön pääluokkien määrittely.

Maastotietokannan kohderyhmä	Pääluokka
Johtoverkosto	Avoin viheralue
Tiestö	Rakennetun ympäristön viherrakenne
Rautatiestö	Rakennetun ympäristön viherrakenne
Rakennukset	Rakennetun ympäristön viherrakenne

6.1.7 Maanpeiteaineiston päällystetyt tiet ja muut vettä läpäisemättömät pinnat

Maankäyttötietojen määrittämisen viimeisessä vaiheessa hyödynnettiin Helsingin seudun maanpeiteaineiston päällystettyjä teitä ja muita vettä läpäisemättömiä pintoja. Näiden kohteiden ympärille muodostettiin viiden metrin puskurivyöhykkeet, joiden tarkoituksena oli tunnistaa rakennetun ympäristön alueita, joita ei ollut mahdollista määrittää

maankäytön pääluokkaa aiemmissa käsittelyvaiheissa käytettyjen lähtöaineistojen avulla. Puskurivyöhykkeiden kattamat alueet määritettiin maankäytön pääluokkaan rakennetun ympäristön viherrakenne.

Päällystettyjen teiden luokka sisälsi kuntien Helsingin seudun maanpeiteaineiston tuotantoa varten toimittamia tiealueita, jotka eivät sisältyneet Maastotietokantaan. Muut vettä läpäisemättömät pinnat edustivat rakennettua ympäristöä sellaisilla kaupunkialueilla, jotka jäivät rakennettujen kiinteistöjen ja liikennealueiden ulkopuolelle.

6.1.8 Metsien luokittelun varmentaminen

Koska Suomen metsäkeskuksen avoin hila-aineisto on tuotettu vuonna 2020, metsien luokittelu varmennettiin ajantasaisemmalla Luonnonvarakeskuksen (2023) Maaluokka 2023 -aineistolla. Varmennuksen tavoitteena oli varmistaa, että selvityksen tarkastelujakson 2023–2024 maankäyttöluokitus vastaa mahdollisimman hyvin alueiden todellista tilannetta myös niillä kohteilla, joilla maankäyttö oli voinut muuttua Metsäkeskuksen aineiston tuottamisen jälkeen.

Varmennuksessa tarkasteltiin kaikkia alueita, jotka oli Metsäkeskuksen hila-aineiston perusteella luokiteltu metsämaaksi, kitumaaksi tai joutomaaksi. Mikäli alue oli luokiteltu myös Luonnonvarakeskuksen Maaluokka 2023 -aineistossa metsämaaksi, kitumaaksi tai joutomaaksi, se luokiteltiin maankäytön pääluokkaan metsä. Muussa tapauksessa alue määritettiin avoimeksi viheralueeksi.

6.1.9 Maaperätietojen yhdistäminen

Kun koko tarkastelualueelle oli määritetty maankäytön pääluokka, aineistoon yhdistettiin turvemaiden esikäsittelyssä muodostetut maaperätiedot. Turvemaa-aineistojen perusteella tunnistetuille alueille määritettiin maaperäluokaksi turvemaa, kun taas niiden ulkopuolelle jäävät alueet määritettiin kivennäismaiksi. Maaperätietojen yhdistämisen tuloksena jokaiselle alueelle saatiin määritettyä sekä maankäytön pääluokka että maaperäluokka.

6.1.10 Epävarmuudet maankäyttö- ja maaperätietojen määrittämisessä

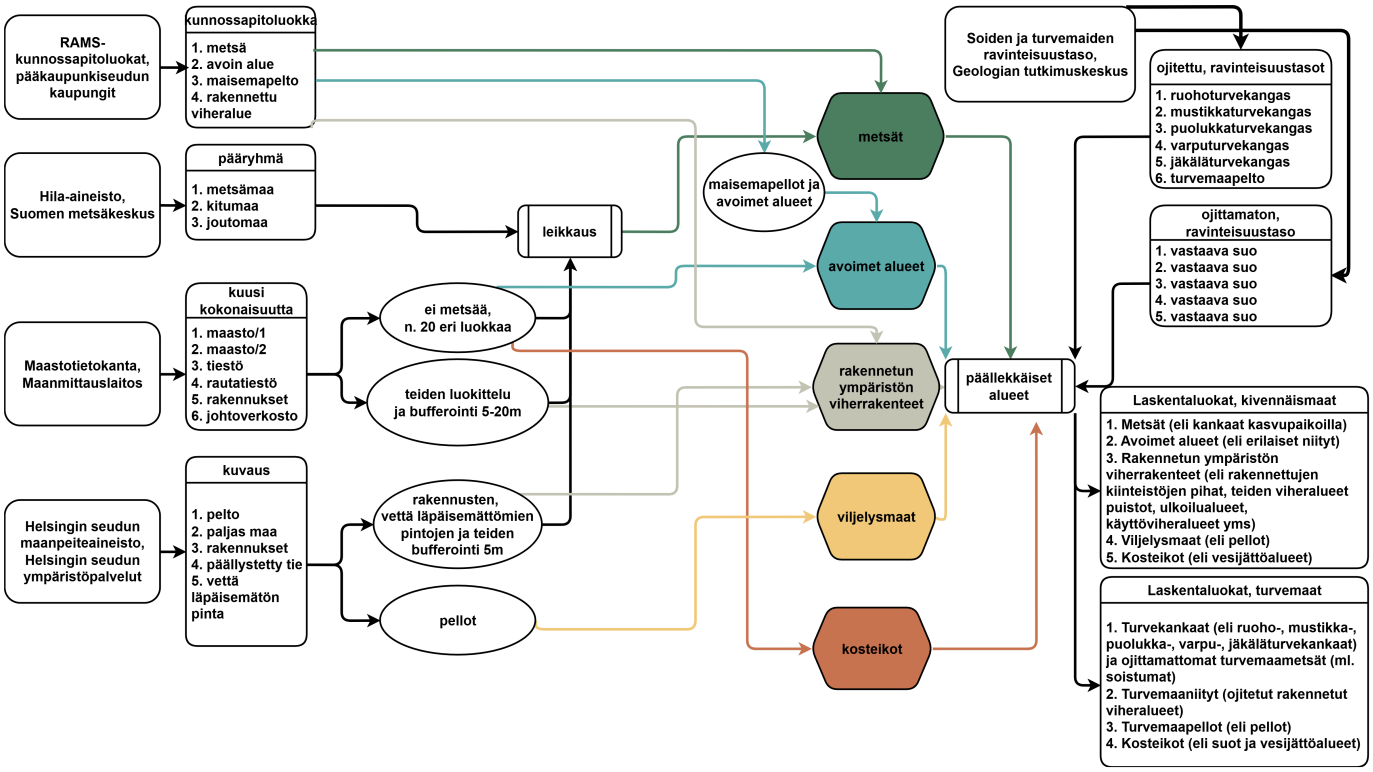
Maankäyttö- ja maaperätietojen määrittämiseen liittyvät epävarmuudet aiheutuivat ensisijaisesti lähtöaineistojen erilaisista tuotantomenetelmistä, ajankohdista ja tietosisällöistä. Selvityksessä yhdistettiin useita paikkatietoaineistoja, joiden tarkkuus ja käyttötarkoitus vaihtelivat aineistokohtaisesti. Erityisesti Helsingin seudun maanpeiteaineiston, Kaupunkien RAMS-kunnossapitoluokkien, Maanmittauslaitoksen Maastotietokannan sekä Metsäkeskuksen aineistojen väliset erot voivat johtaa yksittäisten alueiden erilaisiin tulkintoihin.

Maankäytön pääluokkien muodostamisessa käytetty aineistojen priorisointijärjestys vähensi lähtöaineistojen välisiä ristiriitoja, mutta yksittäisissä tapauksissa vaihtoehtoinen priorisointi voisi johtaa erilaiseen luokitustulokseen. Epävarmuuksien arvioidaan vaikuttavan ensisijaisesti yksittäisten kohteiden luokitteluun, kun taas vaikutus koko pääkaupunkiseudun tasolla muodostettuihin pinta-aloihin on vähäinen.

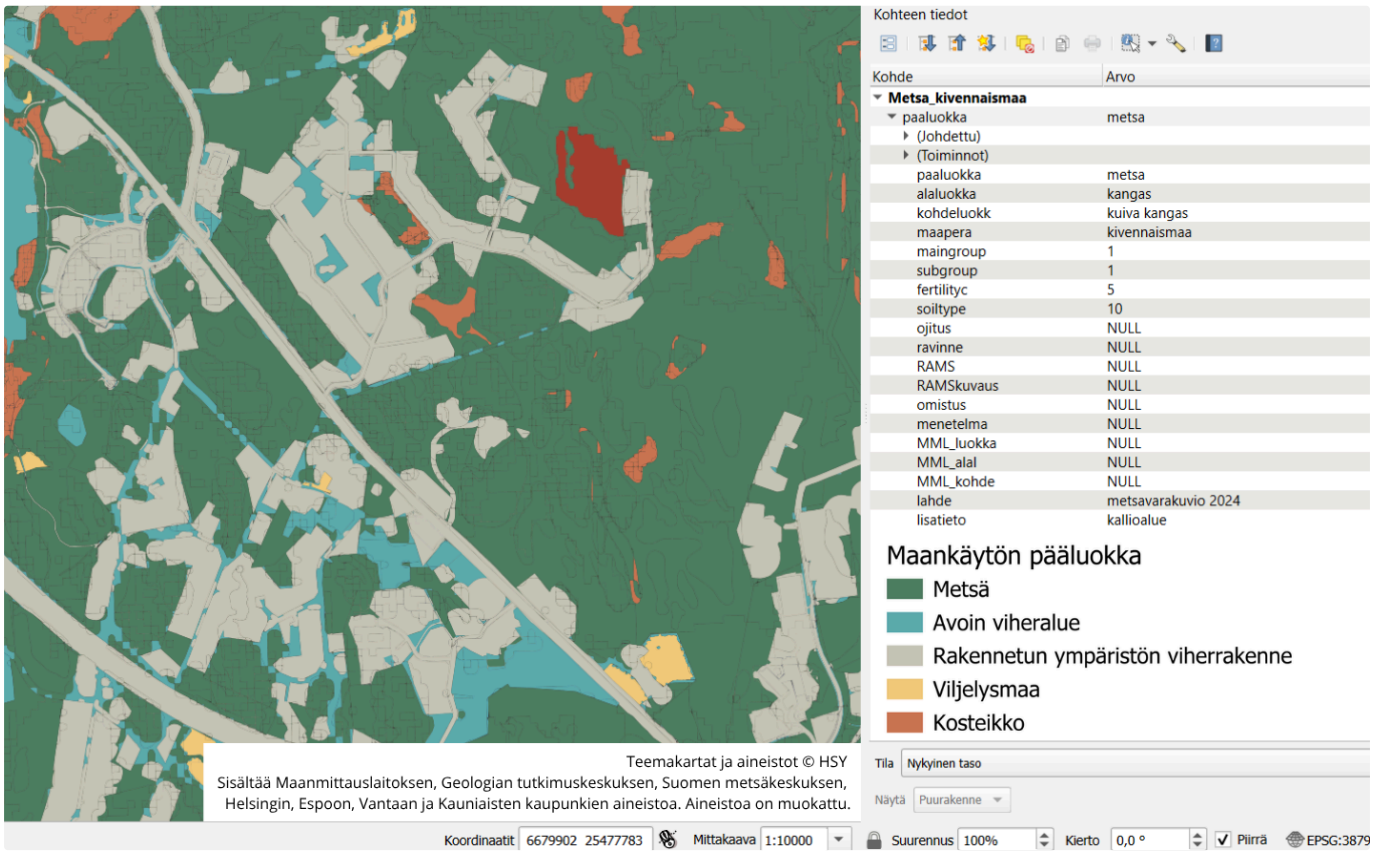
6.1.11 Vaiheen lopputulos

Maankäytön ja maaperän yhdistelmäluokituksen tuloksena tuotetut aineistotasot kirjoitettiin jatkoanalyysia varten erillisinä käsittelykokonaisuuksina. Aineistotasot perustuivat viiteen maankäytön pääluokkaan (metsä, avoin viheralue, rakennetun ympäristön viherrakenne, viljelysmaa ja kosteikko) sekä kahteen maaperäluokkaan (kivennäismaa ja turvemaa), jolloin jatkokäsittelyssä hyödynnettäväksi muodostui yhteensä kymmenen maankäytön ja maaperän yhdistelmää kuvaavaa

aineistotasoa. Nämä aineistotasot muodostivat lähtöaineiston seuraavassa vaiheessa toteutetulle laskentaluokkien määrittämiselle.



Kuva 6-1. Vuokaavio esittää pelkistetysti aineistojen käsittelyn menettelyjä maankäytön ja maaperän yhdistelmien luokittaluprosessissa.



Kuva 6-2. Esimerkkikuva maankäyttö- ja maaperätietojen määrittämisen tuloksena muodostetusta paikkatietoaineistosta ja niiden tietosisällöstä Nupurin alueelta Espoosta. Kohteen tiedoista näkyy, että tärkein lopputulos oli saada määriteltyä

maankäyttö- ja maaperäluokka kullekin kohteelle.

6.2 Laskentaluokkien määrittäminen

Laskentaluokkien määrittämisen tavoitteena oli tarkentaa edellisessä vaiheessa muodostettua maankäytön ja maaperän yhdistelmäluokitusta siten, että jokaiselle alueelle voitiin määrittää hiilivaraston ja hiilitaseen laskennassa käytettävä laskentaluokka. Samalla ratkaistiin lähtöaineistojen välisiä ristiriitatilanteita sekä määritettiin alueen kasvillisuustyyppi.

Laskentaluokkien määrittäminen perustui maankäytön pääluokan, maaperäluokan sekä lähtöaineistoista periytyvän lisätietosisällön yhdistämiseen. Tavoitteena oli muodostaa laskennan kannalta yhtenäinen aineistokokonaisuus, jonka tietosisältö voitiin myöhemmissä vaiheissa kohdentaa Helsingin seudun maanpeiteaineiston polygoneihin hiilivaraston ja hiilitaseen laskentaa varten.

Laskentaluokat määritettiin erikseen kivennäis- ja turvemaille. Turvemailla ojitetut ja ojittamattomat alueet käsiteltiin omissa luokissaan. Seuraavissa alaluvuissa kuvataan laskentaluokkien määrittämisen periaatteet eri maaperäluokissa.

6.2.1 Kivennäismaat

Kivennäismaiden laskentaluokat määritettiin maankäytön pääluokan sekä lähtöaineistojen sisältämien kasvupaikka- ja käyttötarkoitustietojen perusteella.

Kivennäismailla sijaitsevat metsät määritettiin kankaiksi ja jaoteltiin edelleen kasvupaikan ravinteisuuden perusteella seitsemään kohdeluokkaan. Avoimien viheralueiden alaluokka ja kohdeluokka määritettiin ensisijaisesti RAMS-kunnossapitoluokkien ja toissijaisesti Maastotietokannan tietosisällön perusteella.

Rakennetun ympäristön viherrakenteiden alaluokka ja kohdeluokka määritettiin Maastotietokannan kohdeluokkien sekä maankäytön määrittämisessä käytettyjen puskurivyöhykkeiden perusteella. Viljelysmaiden määrittely perustui RAMS-kunnossapitoluokkien ja Helsingin seudun maanpeiteaineiston peltoluokkaan. Kivennäismaiden kosteikoiksi määritettiin ne rannikkokosteikot, jotka eivät sijainneet turvemailla.

6.2.2 Turvemaat

Turvemaiden laskentaluokkien määrittäminen perustui ensisijaisesti maankäytön pääluokkaan, ojitustietoon, ravinteisuustasoon sekä turvemaan paksuutta kuvaaviin lähtötietoihin. Ojitetut ja ojittamattomat turvemaat käsiteltiin erikseen. Ojitustieto siirtyi muuttumattomana Geologian tutkimuskeskuksen Soiden ja turvemaiden ravinteisuustaso -aineistosta eikä tietoa muutettu missään analyysin vaiheessa. Luvussa 5.2 on kuvattu, miten käsiteltiin Maastotietokannan turvealueet, joilta puuttui ojitustieto.

Turvemailla sijaitsevat metsät jaoteltiin ojitettuihin ja ojittamattomiin turvemaihin. Ojitetut turvemaametsät määritettiin turvekankaiksi ja jaoteltiin ravinteisuustiedon perusteella ruoho-, mustikka-, puolukka-, varpu- ja jäkäläturvekankaisiin. Mikäli alueella oli RAMS-kunnossapitoluokka, tieto säilytettiin osana alueen tietosisältöä.

Ojittamattomiin turvemaametsiin luokiteltiin sellaiset ojittamattomat soistumat ja muut metsäiset turvemaat, jotka eivät olleet Maastotietokannan perusteella soita, vesijättöalueita, avoimia viheralueita tai rakennetun ympäristön viherrakenteita.

Turvemaaniityiksi määritettiin turvemaat, jotka sijaitsivat RAMS-kunnossapitoluokkien tai Maastotietokannan perusteella avoimilla viheralueilla tai rakennetun ympäristön viherrakenteissa. Turvemaaniittyihin määriteltiin lisäksi Geologian tutkimuskeskuksen Soiden ja turvemaiden ravinteisuustaso -aineiston mukaiset turvemaapellot, jotka sijaitsivat Helsingin seudun maanpeiteaineiston peltoalueiden ulkopuolella. Myös maanpeiteaineiston peltoalueilla sijaitsevat RAMS-kunnossapitoluokkien avoimet viheralueet sekä kytöheittoalueet eli epätäydellisesti metsittyneet entiset pellot luokiteltiin turvemaaniityiksi.

Geologian tutkimuskeskuksen Soiden ja turvemaiden ravinteisuustaso -aineiston mukaiset turvemaapellot, jotka eivät olleet edeltävän periaatteen mukaisesti turvemaaniittyjä ja sijaitsivat Helsingin seudun maanpeiteaineiston peltopolygonien sisällä, määritettiin turvemaapelloiksi.

Kosteikoiksi määritettiin kaikki ojittamattomat suot ja vesijättöalueet sekä ojitetuilla turvemailla sijaitsevat vesijättöalueet.

Laskentaluokkien määrittämisen yhteydessä aineistoon liitettiin myös tieto turpeen paksuudesta niille alueille, joille tieto oli saatavilla Geologian tutkimuskeskuksen tutkimista turvealueista. Esikäsittelyssä muodostettu tutkittujen turvealueiden pistemuotoinen aineisto yhdistettiin metsä- tai kosteikkoluokkaan kuuluviin turvemaihin siten, että pisteen sisältämä tieto

turpeen keskimääräisestä paksuudesta siirtyi koko sille turvealuepolygonille, johon piste sijoittui. Näin noin 60 turvealueelle pääkaupunkiseudulla saatiin liitettyä mitattu tieto alueen keskimääräisestä turpeen paksuudesta.

6.2.3 Epävarmuudet laskentaluokkien määrittämisessä

Laskentaluokkien määrittämiseen liittyvät epävarmuudet aiheutuivat alueiden ominaisuuksien yleistämisestä laskennassa käytettäviin luokkiin. Samankin maankäyttöluokan sisällä kasvillisuuden rakenne, käyttöaste ja ympäristöolosuhteet voivat vaihdella huomattavasti, minkä vuoksi yksittäiset alueet eivät kaikilta osin vastanneet täysin niille määritettyä laskentaluokkaa.

Laskentaluokan määrittäminen vaikutti myöhemmissä vaiheissa sovellettaviin hiilivarasto- ja hiilitasearvoihin. Epävarmuuksien arvioitiin kuitenkin olevan rajallisia, koska luokittelu perustui useiden toisiaan täydentävien lähtöaineistojen sekä yhtenäisten luokitteluperiaatteiden käyttöön.

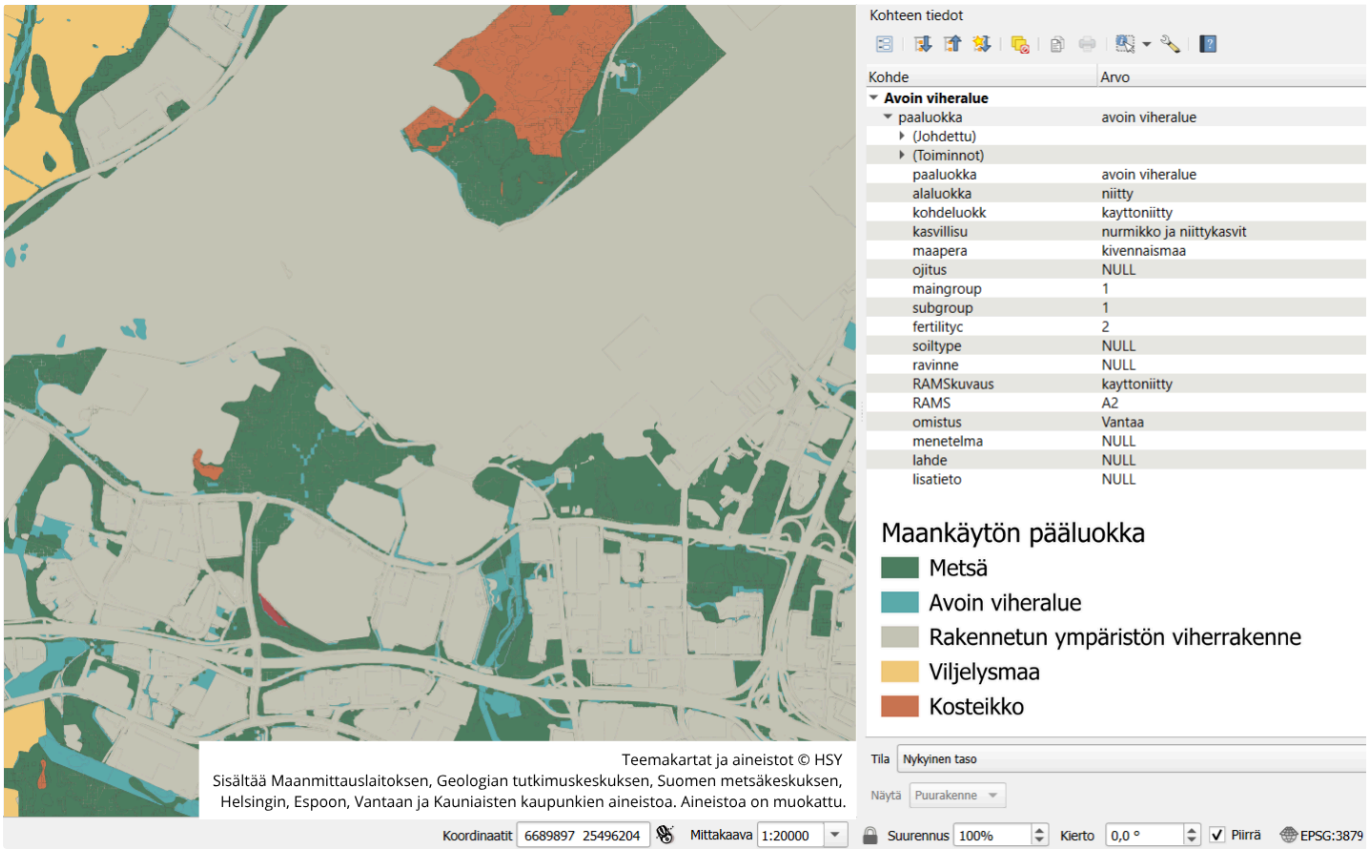
6.2.4 Vaiheen lopputulos

Laskentaluokkien määrittämisen tuloksena jokaiselle alueelle oli määritetty maankäytön pääluokka, alaluokka ja kohdeluokka. Alaluokkaa hyödynnettiin erityisesti turvemaiden hiilivarasto- ja hiilitaselaskennassa käytettävien

laskentaluokkien määrittämisessä, kun taas kohdeluokan perusteella määritettiin alueen kasvillisuustyyppi sekä kivennäismailla sovellettava laskentaluokka.

Vaiheen tuloksena muodostuneet aineistotasot kirjoitettiin jatkoanalyysia varten erillisinä käsittelykokonaisuuksina. Aineistotasot perustuivat viiteen maankäytön pääluokkaan ja kahteen maaperäluokkaan, jolloin jatkokäsittelyä varten muodostui yhteensä kymmenen maankäytön ja maaperän yhdistelmää.

Nämä aineistotasot muodostivat lähtöaineiston seuraavassa vaiheessa toteutetulle laskentaluokkien siirtämiselle Helsingin seudun maanpeiteaineistoon. Liitteessä 6A on esitetty maankäytön pääluokkien, alaluokkien ja kohdeluokkien tarkat määrittelyt ja kaikki menetelmän mahdolliset yhdistelmät.



Kuva 6-3. Esimerkkikuva laskentaluokkien muodostamisen tuloksista paikkatietoaineistona ja niiden tietosisällöstä Viinikkalasta Helsinki-Vantaan lentokentän eteläpuolelta. Tietosisältö kattoi vaiheen lopputuloksena maankäytön luokittelun pääluokasta kohdeluokkaan asti.

6.3 Laskentaluokkien kohdentaminen Helsingin seudun maanpeiteaineistoon

Laskentaluokkien kohdentamisen tavoitteena oli kohdentaa aiemmissa vaiheissa muodostetut laskentaluokat Helsingin seudun maanpeiteaineiston polygoneihin. Menettely mahdollisti laskentatulosten tuottamisen puuston korkeusluokittain sekä kasvullisten alueiden ja rakentamattoman paljaan maan erottamisen rakennetusta paljaasta maasta.

Vaiheen tavoitteena oli muodostaa aineisto, jossa laskennan kannalta merkityksellinen tietosisältö määrittää maanpeiteaineiston aluejaon. Maanpeiteaineiston polygonit eivät kaikissa tapauksissa säilyneet sellaisinaan, vaan niitä jaettiin laskentaluokkien sekä muiden laskennan kannalta oleellisten aluerajausten mukaisesti uusiksi kohteiksi.

Menettelyn tarkoituksena oli varmistaa, että laskentaluokat rajautuvat yhdenmukaisesti laskettavan pinta-alan kanssa ja että laskettavat kohteet vastaavat mahdollisimman hyvin alueiden todellista maankäyttöä, maaperää ja kasvillisuutta.

Samalla pyrittiin säilyttämään tasapaino alueellisen tarkkuuden ja aineiston käytettävyyden välillä, jotta laskennan kannalta merkityksellinen tietosisältö säilyy ilman, että aineisto pirstoutuu tarpeettoman pieniksi kohteiksi.

6.3.1 Aluerajausten muodostaminen

Laskentaluokkien kohdentamista varten muodostettiin joukko aluerajauksia, joiden avulla aiemmissa vaiheissa määritetty tietosisältö voitiin kohdentaa maanpeiteaineistoon.

Laskentaluokkien aineistotasoista ojitetut ja ojittamattomat turvemaat rajattiin omiksi alueikseen. Vastaavasti RAMS-kunnossapitoluokkiin perustuvat alueet muodostivat omat aluerajauksensa. Lisäksi muodostettiin aluerajaukset Maastotietokantaan perustuville avoimille viheralueille sekä rakennetun ympäristön viherrakenteille.

Aputasoina hyödynnettiin kiinteistörajoja sekä taajaan asuttujen alueiden rajoja. Näiden tarkoituksena oli mahdollistaa laskentaluokan vaihtuminen tilanteissa, joissa maankäyttö tai maaperä vaihtelivat maanpeiteaineiston saman polygonin sisällä. Kiinteistörajat ja taajamarajaukset soveltuivat tähän tarkoitukseen hyvin, sillä ne kuvaavat usein selvärajaisesti maankäytön vaihtumista metsien ja rakennetun ympäristön viherrakenteiden välillä.

Aluerajausten muodostamisen tuloksena syntyi laskentaluokkien alueellista vaihtelua kuvaava rajauskokonaisuus, jota käytettiin seuraavassa vaiheessa maanpeiteaineiston polygonijaon tarkentamiseen.

6.3.2 Maanpeiteaineiston polygonijaon tarkentaminen

Muodostettuja aluerajauksia hyödynnettiin tarkasteltavan alueen jakamisessa laskentaluokkien mukaisiin osa-alueisiin pääkaupunkiseudulla. Ensin Helsingin seudun maanpeiteaineiston tulkinta-alue pääkaupunkiseudun kaupunkien osalta jaettiin aluerajausten avulla osiin, minkä jälkeen maanpeiteaineiston puusto-, matalan kasvillisuuden-, pelto- ja paljaan maan polygonit leikattiin näiden rajojen mukaisesti.

Menettelyn tavoitteena oli varmistaa, että maanpeiteaineiston polygonirajat vastasivat mahdollisimman hyvin laskentaluokkien alueellista vaihtelua eivätkä laskennan kannalta merkitykselliset maankäytön, maaperän tai kasvillisuuden luokat jääneet saman polygonin sisälle. Käsittelyn yhteydessä poistettiin tarvittaessa alle yhden metrin levyisiä kapeita aluesuikaleita aineiston topologisen yhtenäisyyden parantamiseksi.

Vaiheen tuloksena muodostui Helsingin seudun maanpeiteaineistoon perustuva aluejako, jossa laskennan kannalta oleelliset alueelliset erot oli huomioitu polygonirajoissa. Menettely kohdistettiin kaikkeen maanpeiteaineiston puustoon, muuhun avoimeen matalaan kasvillisuuteen, peltoihin sekä paljaaseen maahan.

6.3.3 Pienialaisten kohteiden käsittely

Laskentaluokkien mukainen polygonijako lisäsi maanpeiteaineiston kohteiden määrää merkittävästi, minkä seurauksena osa polygoneista jakautui hyvin pienialaisiin osiin. Aluerajojen tarkentuminen saattoi muodostaa esimerkiksi muutaman neliömetrin suuruisia kohteita. Tällaiset kohteet ovat tyypillisesti seurausta eri lähtöaineistojen rajauksissa esiintyvistä eroista eivätkä useimmiten muodosta maankäytöltään tai kasvillisuudeltaan merkittäviä kokonaisuuksia.

Vaikka pienialaiset kohteet lisäävät alueellista tarkkuutta, niiden suuri määrä heikentää aineiston käytettävyyttä, tulkittavuutta ja jatkokäsiteltävyyttä. Tämän vuoksi uudelleen rajattujen kohteiden osalta analyysissa sovellettiin sadan neliömetrin vähimmäispinta-alaa, jonka avulla aineiston pirstoutumista voitiin hallita säilyttäen samalla laskennan kannalta oleellinen tietosisältö.

Uudelleen rajatuista kohteista pinta-alaltaan alle sadan neliömetrin kokoiset kohteet yhdistettiin ensisijaisesti kohteen viereisiin alle sadan neliömetrin kohteisiin. Mikäli vähimmäispinta-ala ei tällöin täyttynyt, kohde liitettiin lähimmän naapurin

menetelmällä lähimpään pinta-alaltaan yli sadan neliömetrin suuruiseen polygoniin, joka kuului samaan alkuperäisen Helsingin seudun maanpeiteaineiston kohteeseen.

Menettelyllä pyrittiin vähentämään aineiston pirstoutumista säilyttäen samalla mahdollisimman hyvin alkuperäisen maanpeiteaineiston aluejako. Tämän vaiheen tuloksena muodostui aluerajauksiltaan lopullinen polygoniaineisto, johon laskentaluokkien tietosisältö voitiin kohdentaa.

6.3.4 Laskentaluokkien kohdentaminen polygonitasolle

Aluerajauksiltaan lopullinen polygoniaineisto leikattiin kaikkien laskentaluokkien määrittämisessä muodostettujen aineistotasojen aluerajoilla. Tämän jälkeen kunkin luokitellun alueen pinta-alaosuus laskettiin polygonikohtaisesti.

Mikäli yksittäisen polygonin alueella esiintyi useita luokiteltuja alueita, polygonille kohdennettiin sen pinta-alasta suurimman osuuden kattaneen luokitellun alueen tietosisältö. Näin laskentaluokka siirtyi polygonille yhtenäisenä tietokokonaisuutena.

Menettelyn tuloksena jokaiselle maanpeiteaineiston polygonille määritettiin laskentaluokka sen pinta-alasta suurimman osuuden kattaneen luokituksen perusteella. Näin laskentaluokat voitiin kohdentaa yhdenmukaisesti hiilivarasto- ja hiilitaselaskennassa.

6.3.5 Epävarmuudet laskentaluokkien kohdentamisessa

Laskentaluokkien kohdentamiseen liittyvät epävarmuudet johtuivat ennen kaikkea eri paikkatietoaineistojen rajaus- ja sijaintieroista sekä polygonirakenteen käsittelyssä tehdyistä yleistyksistä. Laskentaluokan siirtäminen maanpeiteaineiston polygoneille saattoi aiheuttaa paikallisia poikkeamia.

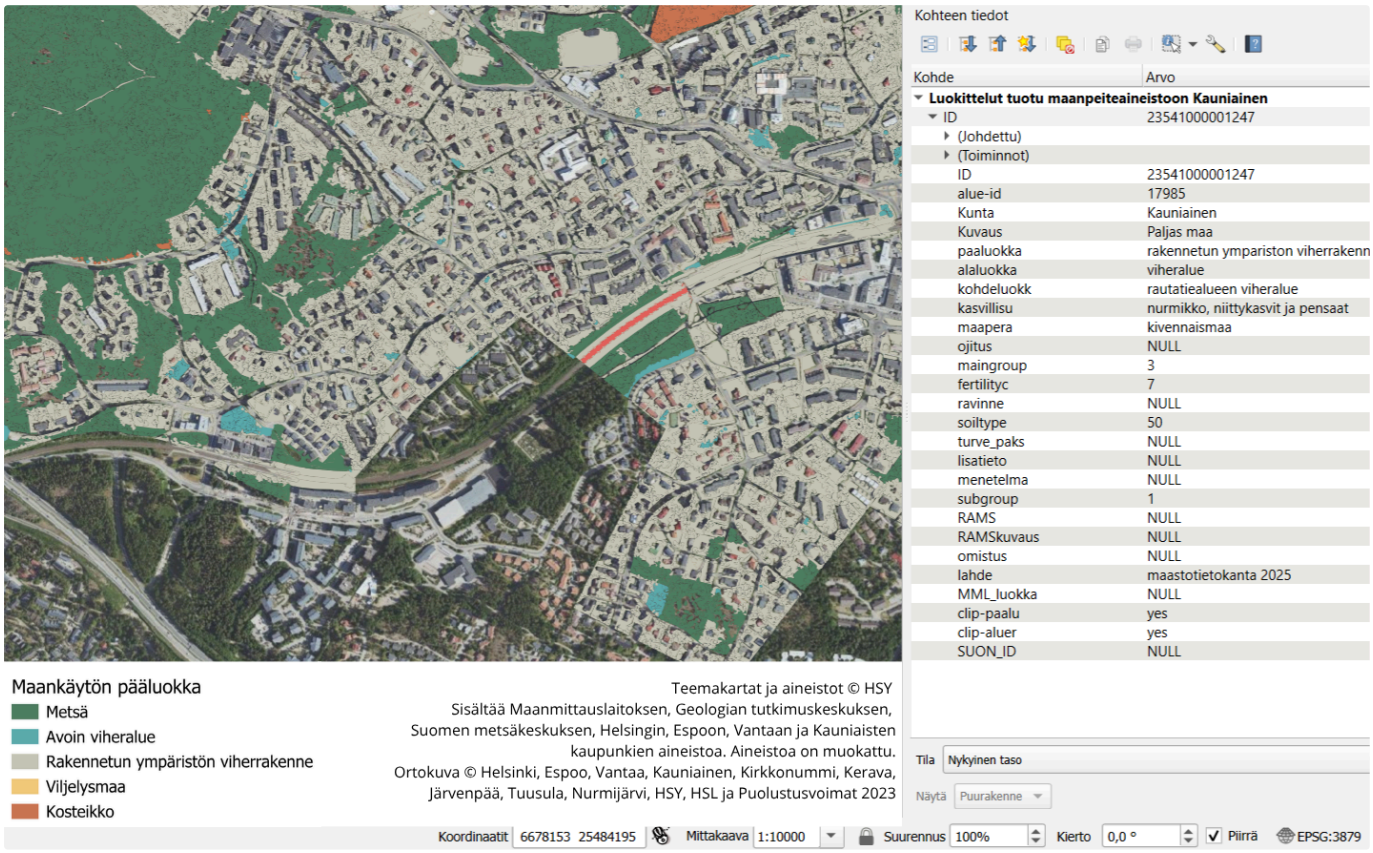
Pienialaisten kohteiden yhdistäminen ympäröiviin alueisiin sekä polygonijaon tarkentamisessa tehdyt topologiset korjaukset voivat muuttaa yksittäisten laskentaluokkien pinta-aloja. Tällaiset muutokset kohdistuvat erityisesti pieniin ja kapeisiin kohteisiin, joiden tarkka rajaus on paikkatietoaineistoissa haastavaa.

Epävarmuuksien arvioitiin vaikuttavan ensisijaisesti laskentaluokkien alueelliseen sijaintiin ja pinta-alajakaumaan. Koko pääkaupunkiseudun tasolla vaikutuksen arvioidaan olevan vähäinen, koska mahdolliset yli- ja aliarvioinnit tasoittuvat laajalla tarkastelualueella.

6.3.6 Vaiheen lopputulos

Vaiheen tuloksena muodostettiin kaupunkikohtaiset aineistot, joissa Helsingin seudun maanpeiteaineiston puuston, matalan kasvillisuuden, peltojen ja paljaan maan alueille oli kohdistettu laskentaluokkatiedot. Nämä kaupunkikohtaiset

aineistotasot muodostivat perustan seuraavassa vaiheessa tehtäville maanpeiteaineistosta riippuville määrittelyille.



Kuva 6-4. Esimerkkikuva laskentaluokkien kohdentamisen tuloksista paikkatietoaineistona Espoon Koivuhovin ja Kauniaisten alueelta. Kohdentamisen tuloksena laskettavien kohteiden ulkopuolelle jäivät rakennukset, tiet ja muut vettä läpäisemättömät pinnat. Valittu kohde havainnollistaa, että mukana oli tässä vaiheessa vielä myös rakennettua paljasta maata.

6.4 Helsingin seudun maanpeiteaineistosta riippuvaiset määrittelyt

Viimeisenä laskennan määrittelyvaiheena tarkennettiin metsien määrittämistä taajaan asutuilla alueilla hyödyntämällä Helsingin seudun maanpeiteaineiston puustotietoja. Tässä selvityksessä metsän määrittämisessä sovellettiin YK:n elintarvike- ja maatalousjärjestön (2020) metsämääritelmää, jonka mukaan metsä on vähintään puolen hehtaarin laajuinen alue, jossa latvuspeittävyys on vähintään 10 % pinta-alasta ja puiden korkeus on yli viisi metriä. Koska Helsingin seudun maanpeiteaineistossa ensimmäinen puuston korkeusluokka on kuitenkin 2–10 metriä, sovellettiin viiden metrin sijaan kahden metrin minimikorkeutta.

Helsingin seudun maanpeiteaineistosta tunnistettiin vähintään 0,5 hehtaarin laajuiset yhtenäiset puustoiset alueet, jotka eivät olleet aiemmissa luokitteluvaiheissa saaneet maankäytön pääluokkaa metsä. Tällaisia alueita esiintyi erityisesti taajaan asutuilla alueilla rakentamattomilla tonteilla ja muilla puustoisilla alueilla, joiden maankäyttöä ei ollut aiemmissa vaiheissa määritetty metsäksi.

Näille alueille määritettiin maankäytön pääluokaksi metsä. Maaperätiedon perusteella alueille määritettiin alaluokaksi kangas tai turvekangas, ja kohdeluokaksi muu metsä.

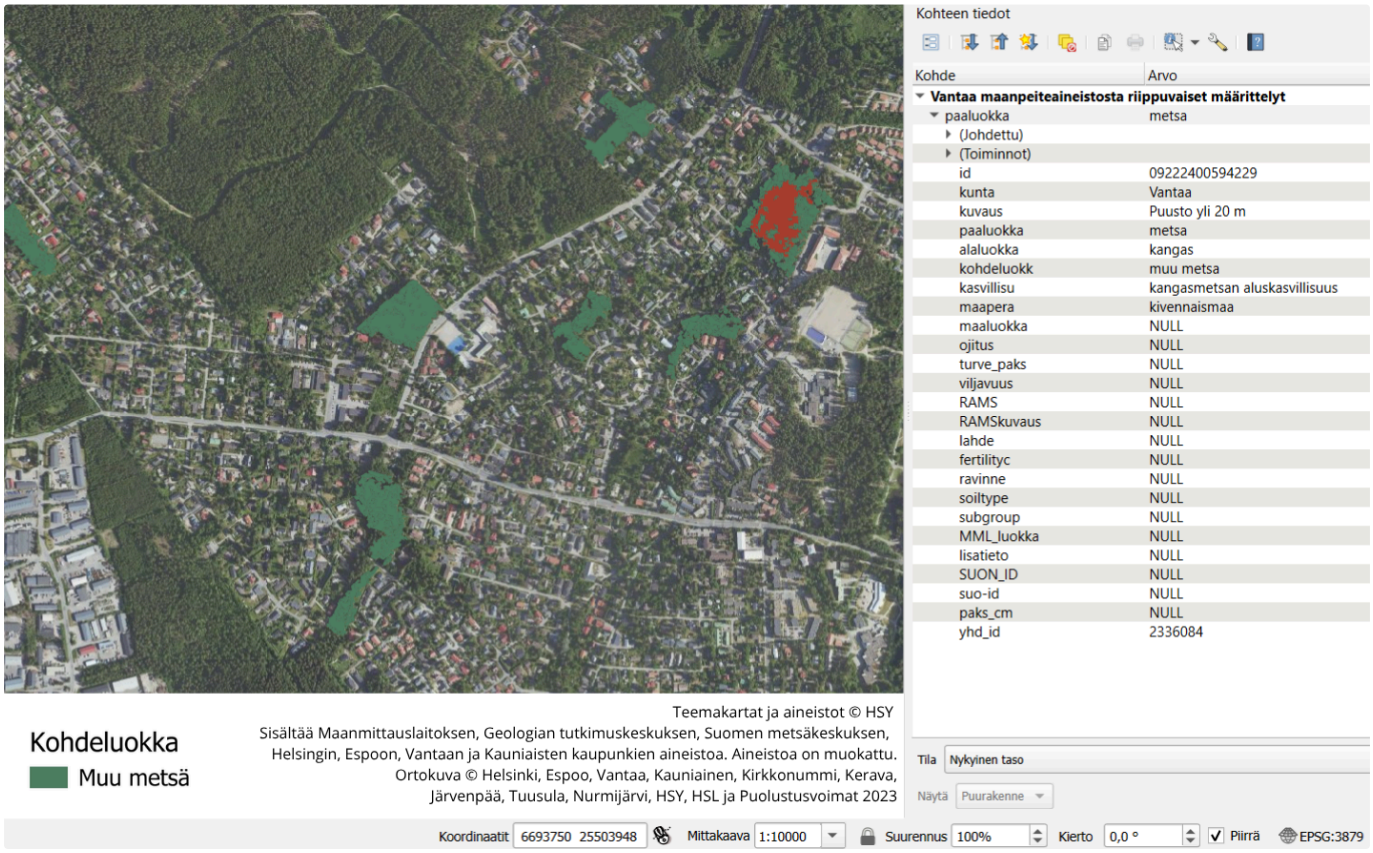
6.4.1 Epävarmuudet maanpeiteaineistosta riippuvissa määrittelyissä

Useissa laskennassa käytetyissä valtakunnallisissa lähtöaineistoissa taajamametsät jäävät osittain aineistojen ulkopuolelle eivätkä ne kaikissa tapauksissa sisälly myöskään RAMS-kunnossapitoluokkiin. Tässä vaiheessa taajamametsät tunnistettiin erillisenä määrittelynä Helsingin seudun maanpeiteaineiston avulla, minkä vuoksi määrittelyyn

liittyy epävarmuutta erityisesti metsän ja rakennetun ympäristön välisillä siirtymävyöhykkeillä ja esimerkiksi taajaan asuttujen alueiden rakentamattomilla tonteilla.

6.4.2 Vaiheen lopputulos

Vaiheen tuloksena muodostettiin päivitetyt kaupunkikohtaiset aineistot, joissa kaikki Helsingin seudun maanpeiteaineiston puuston, matalan kasvillisuuden, peltojen ja paljaan maan alueet oli luokiteltu laskentaluokan mukaisesti. Aineistot muodostivat hiilivarasto- ja hiilitaselaskennan lopullisen paikkatietomuotoisen lähtöaineiston. Tässä vaiheessa sekä laskenta-alueiden rajaukset että niihin liittyvät laskentaluokkien määrittelyt olivat valmiit. Seuraavassa luvussa esitettyjä hiilivarasto- ja hiilitaselaskennan laskentamenetelmiä sovellettiin tähän aineistokokonaisuuteen.



Kuva 6-5. Esimerkkikuva Helsingin seudun maanpeiteaineistosta riippuvaisten määrittelyjen tuloksista paikkatietoaineistona Korson alueelta Vantaalta. Kuvan näytettävät kohteet on rajattu alueisiin, jotka määrittelyn tuloksena luokiteltiin metsiksi.

7 Laskentamenetelmät

Tässä luvussa kuvataan pääkaupunkiseudun hiilitaseselvityksessä käytetyt puuston, matalan kasvillisuuden, maaperän sekä maankäytön muutosten laskentamenetelmät. Menetelmissä hyödynnettiin sekä paikkatieto- ja tilastoaineistoihin perustuvia laskelmia että tutkimuskirjallisuudesta johdettuja hiilivarasto- ja hiilitasearvoja. Menetelmät sovitettiin pääkaupunkiseudun maankäytön, kasvillisuuden ja maaperän ominaisuuksiin sekä käytettävissä oleviin lähtöaineistoihin.

Selvitys rajattiin maankäyttösektorin luonnollisten hiilivarastojen ja -taseiden tarkasteluun. Laskentamenetelmät kattavat puuston, matalan kasvillisuuden ja maaperän hiilivarastot sekä niiden muutokset metsissä, avoimilla viheralueilla, rakennetun ympäristön viherrakenteissa, viljelysmailla ja kosteikoilla.

Laskennan ulkopuolelle rajattiin rakennukset, vesialueet, tiet, rakennettu paljas maa sekä muut vettä läpäisemättömät pinnat, joille ei laskettu hiilivarastoja tai hiilitaseita. Lisäksi tarkastelussa huomioitiin ainoastaan hiilivarastot ja niiden muutokset, eikä muita kasvihuonekaasuja, kuten metaania (CH_4) ja dityppioksidia (N_2O), sisällytetty laskentaan.

Negatiivinen hiilitase kuvaa hiilinielua ja positiivinen hiilitase päästölähdettä. Tulokset esitettiin hiilidioksidina, jolloin hiilen määrä muunnettiin hiilidioksidiksi kertoimella 44/12 (CO_2 = C * 3,667).

Seuraavissa alaluvuissa kuvataan puuston, matalan kasvillisuuden ja maaperän laskentamenetelmät.

7.1 Puuston hiilivaraston ja hiilitaseen aineistot ja laskentamenetelmä

Puuston hiilivaraston ja hiilitaseen laskennan tavoitteena oli määrittää pääkaupunkiseudun puustoon sitoutuneen hiilen määrä sekä puuston hiilivaraston vuosittainen muutos. Puuston hiilivarasto laskettiin vuoden 2024 aineistoista ja hiilitase puuston biomassan muutoksena eri vuosien metsävaratietojen välillä. Lopputuloksena on maanpeiteaineiston puustokohteissa esitettynä sekä kohteen hiilivarasto että hiilitase. Hallitustenvälisen ilmastonmuutospaneelin (2006) laskentaohjeiden mukaisesti hiilitaseen voi määrittää joko kasvu-poistuma-menetelmällä tai kahden ajankohdan välisten hiilivarastojen muutoksena. Saatavilla olevien lähtöaineistojen perusteella tässä työssä käytettiin laskentamenetelmänä hiilivaraston muutosta.

Laskenta perustui Suomen metsäkeskuksen metsävarakuvio- ja hila-aineistoihin, joita täydennettiin Helsingin seudun maanpeiteaineistolla.

Menetelmän lähtökohtana oli hyödyntää ensisijaisesti mahdollisimman tarkkaa puustotietoa sisältäviä metsävarakuvioita ja täydentää niiden ulkopuolisia alueita hila-aineistolla. Kattavuuden parantamiseksi puustotiedot määritettiin lopuksi Helsingin seudun maanpeiteaineiston niille alueille, joilta Metsäkeskuksen aineistoa ei ollut saatavilla.

Näin puuston hiilivarasto ja hiilitase voitiin laskea koko pääkaupunkiseudun kasvulliselle puustoiselle alalle.

Puuston hiilivarasto määritettiin puuston biomassan perusteella. Biomassan laskennassa huomioitiin rungon, oksien, lehvästön, kantojen ja juuriston biomassa. Hiilitase laskettiin perustuen biomassan muutoksiin tarkasteluajankohtana.

Menetelmä muodostuu viidestä vaiheesta. Ensin käsiteltiin metsävarakuviot ja niistä johdetut biomassatiedot. Tämän jälkeen metsävarakuvioiden ulkopuolisia alueita täydennettiin hila-aineistolla. Kolmannessa vaiheessa puustotiedot laajennettiin Helsingin seudun maanpeiteaineiston puustokohteisiin. Lisäksi tarkasteltiin erikseen avohakkuita, jotta puuston poistuma voitiin huomioida myös alueilla, joiden metsävaratiedot olivat poistuneet tarkastelujakson aikana.

Lopuksi puuston hiilivaraston ja taseen arvot siirrettiin osaksi hiilitaseselvityksen yhtenäistä paikkatietoaineistoa luvussa 8 kuvattujen menettelyjen mukaisesti.

7.1.1 Puustolaskennan paikkatietoaineistot

Puuston hiilivarastojen ja -taseen laskennan lähtöaineistoina käytettiin Suomen Metsäkeskuksen metsävarakuvio- ja hila-aineistoja pääkaupunkiseudulta, ja näitä täydennettiin Helsingin seudun maanpeiteaineistolla.

Metsävarakuviolla tarkoitetaan toimenpidetarpeiltaan, kasvupaikaltaan ja puustoltaan yhtenäistä metsän aluetta (Suomen metsäkeskus 2023). Metsävarakuvioiden tietosisältö kattaa mm. pääpuulajin, kuvion runkotilavuuden (m^3 /ha), puuston iän, juuriston, rungon, lehvästön ja oksien biomassat (tn/ha) sekä kasvupaikan pääluokan.

Hila-aineiston ruudut ovat 16 x 16 m. Hilaruutujen tietosisältö ei ole yhtä kattava kuin metsävarakuvioilla, mutta runkotilavuus, puuston ikä ja pääpuulaji sisältyvät myös hilaan.

Helsingin seudun maanpeiteaineisto on ilmakuvatulkintaan perustuva maanpeitteen luokitteluaineisto, jossa ilmakuvista havaittu puusto on laserkeilausaineistojen avulla luokiteltu korkeusluokkiin 2–10 m, 10–15 m, 15–20 m ja yli 20 m. Kaikki laajuudeltaan yli 25 neliömetrin kohteet erottuvat.

Taulukko 7-1. Puuston laskentaan käytettyjen lähtöaineistojen kattavuus.

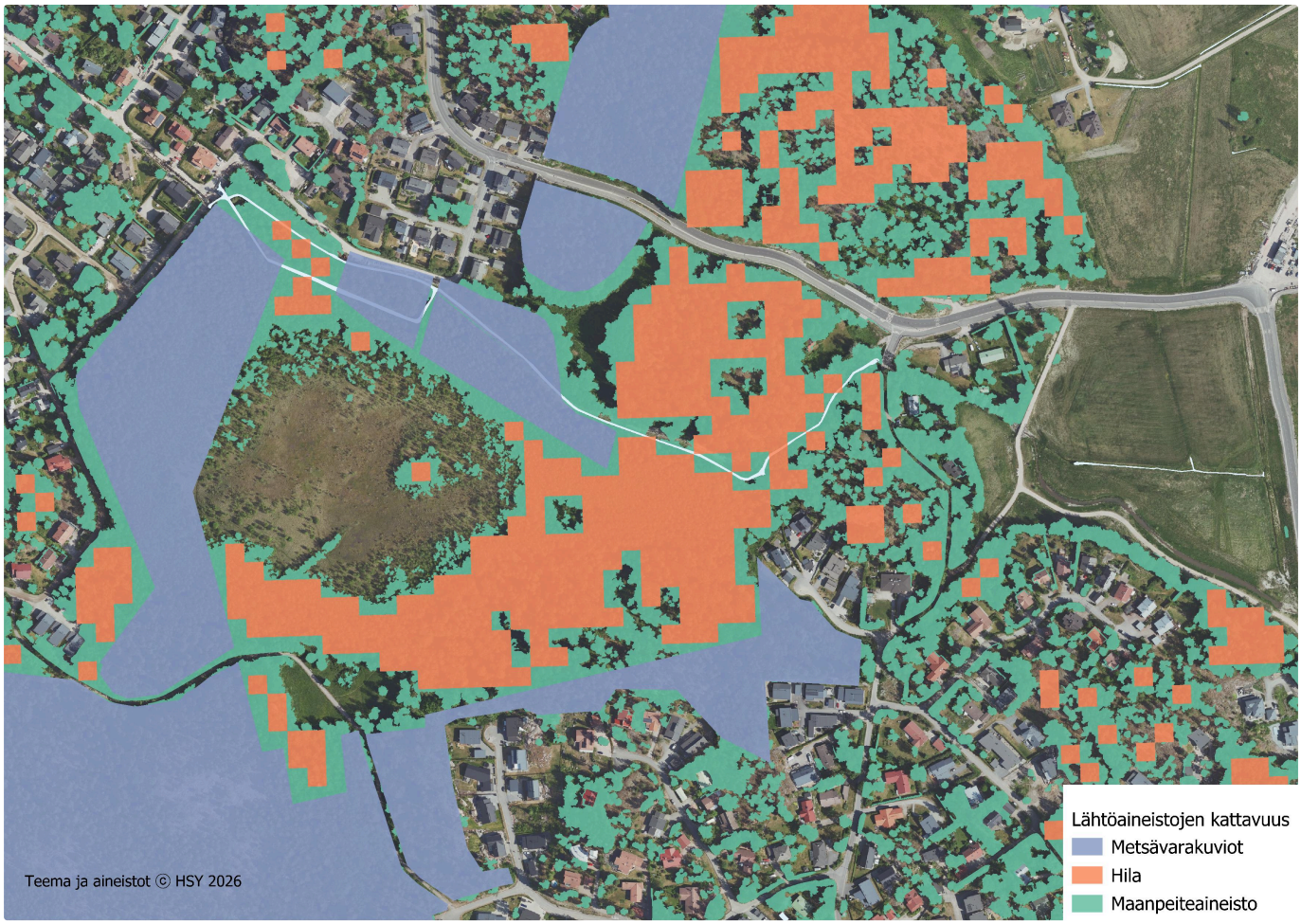
Lähtöaineisto	Ala (ha)
Metsävarakuviot	21 792
Hila	3 304
Helsingin seudun maanpeiteaineisto	9 923

Metsävarakuvioaineistoja käytettiin vuosilta 2022 ja 2024, hila-aineistoja vuosilta 2020 ja 2024 sekä Helsingin seudun maanpeiteaineistoa vuodelta 2024. Lukuun ottamatta vuoden 2024 hila-aineistoa, muut aineistot ovat avoimesti saatavilla. Metsävarakuvioissa käytettiin aineistoja vuosilta 2022 ja 2024, joiden maantieteellinen kattavuus vastasi hyvin toisiaan. Vuosien välinen muutos kuvasi metsissä tapahtunutta muutosta eli joko puuston kasvua tai poistumaa, eikä muuttunutta maankäyttöä. Hila-aineistoina käytettiin avoimesti saatavilla olevaa inventointivuoden 2020 tilannetta kuvaavaa hila-aineistoa sekä Metsäkeskukselta tietopyyntönä hankittua vuoden 2024 hila-aineistoa.

Puuston hiilivarasto laskettiin vuoden 2024 aineistoista. Hiilivaraston muutos laskettiin metsävarakuvioilla vuosien 2022 ja 2024 välillä ja hilan osalta vuosien 2020 ja 2024 välillä. Ensisijainen aineisto olivat metsävarakuviot, joita täydennettiin

hilalla. Näiden ulkopuolelle jäävä puusto saatiin Helsingin seudun maanpeiteaineistosta, johon tilavuus- ja biomassatiedot tuotiin hila-aineistosta korkeuden perusteella.

Metsävarakuvioiden kohdalla on lähtöaineistoissa huomioitu paitsi puuston kasvu, niin myös tiedossa olevat hoitotoimenpiteet. Hilan tiedoissa on huomioitu vain kasvu, mutta koska hilan tietoja käytettiin vain metsävarakuvioiden eli talousmetsien ulkopuolella, voidaan olettaa, että hoitotoimenpiteet ovat hilan alueella vähäisiä.



Kuva 7-1. Esimerkkikartta puuston analyyseihin käytetyistä eri paikkatietoaineistoista ja niiden yhdistelmistä

7.1.2 Metsävarakuvioiden käsittely

Puuston hiilitaselaskentamenetelmän ensimmäisessä vaiheessa metsävarakuvioiden tietokantataulujen tiedot yhdistettiin geometrioihin. Käytetyt tietokantataulut olivat treestandsummary, treestand, restriction ja operation. Nämä yhdistettiin viiteavainten avulla stand-taulun geometrioihin, jotta saatiin muodostettua metsävarakuvioista paikkatietoaineisto, joka sisälsi selvityksessä tarvittavat lähtötiedot.

Kullekin metsävarakuviolle laskettiin hehtaarikohtainen biomassan määrä tonneina hehtaaria kohti juurten, rungon, oksien ja lehvästön biomassojen summana. Hienojuuret huomioitiin pääpuulajikohtaisina osuuksina lehvästön biomassasta, jotka olivat mänty 0,676; lehtipuu 0,5; kuusi 0,256 (Luonnonvarakeskus 2025a). Biomassan yhteenlasketusta massasta laskettiin biomassan ja runkotilavuuden suhde BCEF (biomass conversion and expansion factor, tn/m³), jonka avulla hilan sisältämä runkotilavuustieto voitiin myöhemmissä vaiheissa muuttaa biomassaksi. Puustolle annettiin ikäluokitus 20 vuoden välein 160 vuoteen asti, ja pääpuulaji luokiteltiin karkeisiin luokkiin mänty, kuusi tai lehtipuu. BCEF laskettiin erikseen kaikille karkean pääpuulajin (3), ikäluokan (9) ja pääluokan (metsä-, kitu- tai joutomaa, 3 vaihtoehtoa) yhdistelmille. Kaikkia mahdollisia yhdistelmiä (81 kpl) ei aineistosta löytynyt, mutta sekä vuoden 2022 että vuoden 2024 metsävarakuvioista saatiin laskettua BCEF-kerroin 64 erilaiselle pääpuulajin, ikäluokan ja pääluokan yhdistelmälle.

Seuraavaksi vuoden 2022 ja 2024 metsävarakuvioiden tiedot yhdistettiin kuvioittain standid-viiteavaimen perusteella, ja kuvioille laskettiin biomassan muutos kahden vuoden välillä. Muutoksesta laskettiin biomassan vuosikasvu. Vain ne kuviot, joille vuoden 2022 tiedot yhdistyivät onnistuneesti, eli molemmilta löytyi vastaava standid-avain ja joiden geometria oli pysynyt samana, otettiin mukaan jatkokäsittelyyn. Lisäksi jatkoon suodatettiin vain ne kuviot, joissa runkotilavuuden perusteella laskettu biomassan määrä oli molempina vuosina suurempi kuin nolla. Visuaalisen tarkastelun perusteella

metsävarakuviot, joiden runkotilavuustieto oli nolla, usein sisälsivät puustoa, joten niiden mukaan ottaminen olisi tuonut lopputuloksiin runsaasti virheellistä poistumaa. Näin muodostui noin 21 000 kuvion tulosaineisto.

7.1.3 Hilan käsittely

Metsävarakuvioiden ulkopuolelle jäävää metsää täydennettiin Suomen metsäkeskuksen hila-aineistolla. Koska hilan tietosisältö on mallinnettu olettaen, että puusto on metsätalousmetsää, ja tämä oletus toimii huonommin kaupunkialueella, jossa puuston rakenne poikkeaa metsätalousmetsistä, valittiin hyödynnettäväksi vain ne hilaruudut, jotka olivat pinta-alaltaan yli 90 % puustoa ja joihin ei osunut rakennuksia. Näissä Metsäkeskuksen arvion mukaan mallinnus on suhteellisen luotettava, kun rakennukset, jotka vääristäisivät mallinnusta, on rajattu pois. Alkuperäisestä 1,5 miljoonasta ruudusta käyttöön jäi noin 130 000.

Valituille hilaruuduille laskettiin biomassan määrä vuosille 2020 ja 2024 kertomalla runkotilavuus BCEF-kertoimella huomioiden pääpuulaji, ikäluokka ja pääluokka. Lisäksi hilaan laskettiin biomassan muutos vuosien 2020 ja 2024 välillä, ja muutos muunnettiin vuosimuutokseksi.

Hilan tiedoista laskettiin keskimääräinen runkotilavuus, biomassan varasto ja biomassan vuosikasvu samalla korkeusluokittelulla, joka on käytössä maanpeiteaineistossa.

7.1.4 Helsingin seudun maanpeiteaineiston käsittely

Lopuksi hilasta lasketut biomassan varasto ja vuosikasvu sekä runkotilavuus yhdistettiin maanpeiteaineistoon niille alueille, jotka jäivät sekä metsävarakuvioiden että hilan ulkopuolelle. Tällaisia maanpeiteaineiston kohteita oli yhteensä hieman yli miljoona. Näille alueille lisättiin hehtaarikohtainen biomassan määrä ja vuosittainen biomassan kasvu pituusluokkien perusteella. Näin saatiin biomassan varasto ja vuosikasvu kaikille pääkaupunkiseudun kaupunkien alueille, jotka ilmakuvatulkinnan perusteella ovat puustoa.

Myöhemmin metsävarakuvioiden, hilan ja maanpeiteaineiston yhdistelmän tulokset siirrettiin maanpeiteaineiston puustopolygoneihin luvussa 8 kuvattujen menettelyjen mukaisesti.

7.1.5 Avohakkuut

Avohakkuut huomioitiin erillistarkasteluna. Koska puuston varaston muutosta oli laskettu vain alueilla, joissa oli puustoa molempina tarkasteluvuosina ja joissa metsävarakuvioiden geometriat olivat säilyneet samanlaisina, sellaiset metsävarakuviot, joihin oli tehty avohakkuu ja joiden metsävaratietoja ei löytynyt enää vuoden 2024 aineistosta, eivät tulleet mukaan. Nämä etsittiin vertaamalla vuoden 2022 ja 2024 metsävarakuvioita ja visuaalisesti tarkastamalla kohteita,

joissa oli metsävarakuvio 2022 mutta ei enää 2024. Tällaisille kohteille puuston poistuma on esitetty vuoden 2022 metsävaratietojen perusteella esittämällä poistunut puusto hiilipäästönä kohteeseen jäävässä paljaan maan alueessa.



Kuva 7-2. Metsäkeskuksen metsävarakuvioita 2022 Espoon Lahnuksessa (Taustakarttana Helsingin seudun ortoilmakuva 2021 © HSY)



Kuva 7-3. Metsäkeskuksen metsävarakuvioita 2024 Espoon Lahnuksessa. Osa metsäkuvioista on poistunut hakkuiden takia. (Taustakarttana Helsingin seudun ortoilmakuva 2023 © HSY)

7.1.6 Epävarmuudet puuston laskentamenetelmissä

Hilaan metsävaratiedot on mallinnettu käyttäen talousmetsien oletuksia, jotka eivät erilaisen puustorakenteen takia kaupunkialueella suoraan päde. Näin ollen metsävarakuvioiden ulkopuolisilla alueilla tuloksia voi pitää suuntaa antavina. Laskennassa käytettyjen, mahdollisimman luotettavien hilaruutujen rajaus on kuvattu puuston laskentamenetelmän yhteydessä alaluvussa 7.1.3.

Puuston hiilivaraston ja hiilitaseen laskentaan liittyvät suurimmat epävarmuudet liittyvät käytettyihin metsävaratietoihin ja niiden päivityssykliin. Metsäkeskuksen metsävaratiedot perustuvat kaukokartoitukseen, maastomittauksiin sekä inventointien välillä tehtävään mallipohjaiseen tietojen päivitykseen. Inventointiajankohdan jälkeen puuston kasvua, hakkuita ja metsänhoitotoimenpiteitä koskevat tiedot voivat poiketa todellisesta tilanteesta yksittäisillä kohteilla.

Kaupunkialueiden puusto poikkeaa rakenteeltaan monin paikoin talousmetsistä, joihin metsävaratietojen tuottamisessa käytetyt menetelmät ja kasvumallit pääosin perustuvat. Tämä voi lisätä epävarmuutta erityisesti tiiviissä kaupunkiympäristöissä sekä metsikkökuvioiden ulkopuolisilla puustoisilla alueilla.

Metsävarakuvioiden ulkopuolella puuston hiilivarastoa ja sen muutosta laskettiin Metsäkeskuksen hila-aineiston perusteella. Näillä alueilla tuloksiin liittyy suurempi epävarmuus kuin kuviokohtaisiin metsävaratietoihin perustuvissa laskelmissa.

Epävarmuuksista huolimatta käytetyt aineistot edustavat tällä hetkellä kattavinta ja ajantasaisinta saatavilla olevaa alueellista puustotietoa, ja ne mahdollistavat tulosten yhdenmukaisen laskennan koko tarkastelualueella.

7.2 Nettoekosysteemitaseen kohdentaminen matalan kasvillisuuden ja maaperän laskentamenetelmissä

Useissa tässä selvityksessä hyödynnetyissä tutkimuksissa hiilitase oli raportoitu nettoekosysteemitaseena (Net Ecosystem Exchange, NEE), joka kuvaa kasvillisuuden ja maaperän yhteistä hiilenvaihtoa ilmakehän kanssa. Tällöin

tutkimustuloksesta ei voida erottaa, kuinka suuri osa mitatusta hiilitaseesta aiheutuu kasvillisuuden hiilen sidonnasta ja kuinka suuri osa maaperän prosesseista. Tämä koski tässä selvityksessä erityisesti avoimia viheralueita, rakennetun ympäristön viherrakenteita, turvemaaniittyjä ja -peltoja sekä rantakosteikkoja.

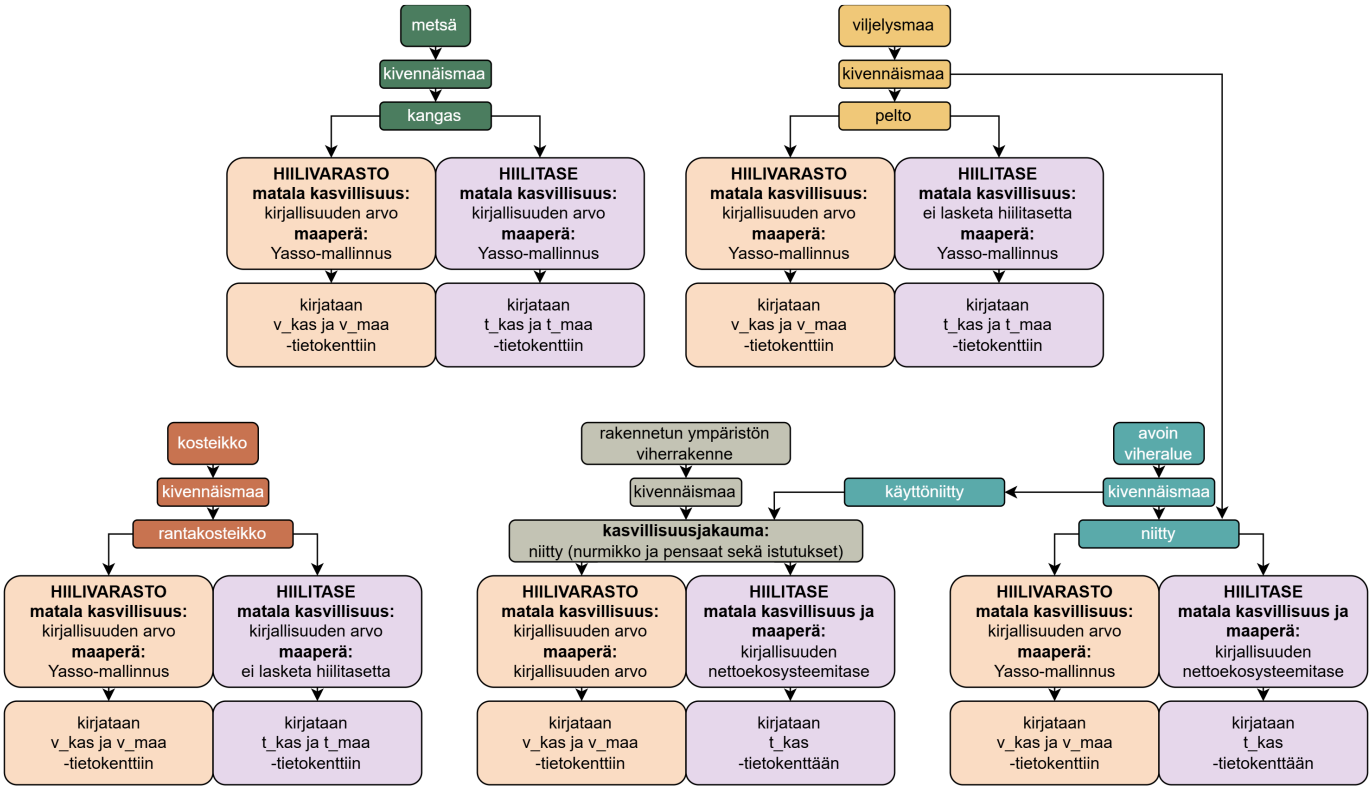
Jotta hiilitase voitiin jakaa johdonmukaisesti matalan kasvillisuuden ja maaperän osatekijöihin ilman kaksoislaskentaa, nettoekosysteemitase kohdennettiin laskennallisesti joko matalan kasvillisuuden tai maaperän hiilitaseeseen. Jos nettoekosysteemitase osoitti kohteen olevan kokonaisuutena hiilinielu, arvo kirjattiin matalan kasvillisuuden hiilitaseeseen. Jos nettoekosysteemitase osoitti kohteen olevan päästölähde, arvo kirjattiin maaperän hiilitaseeseen.

Menettely oli laskennallinen kohdentamisratkaisu eikä tarkoita, että nettoekosysteemitase voitaisiin biologisesti jakaa yksiselitteisesti kasvillisuuden ja maaperän osuuksiin. Sen tarkoituksena oli varmistaa, että sama hiilivirta huomioidaan laskennassa vain kerran ja että matalan kasvillisuuden ja maaperän hiilitaseet yhdessä muodostivat tutkimuksissa raportoitua nettoekosysteemitasetta vastaavan kokonaisuuden.

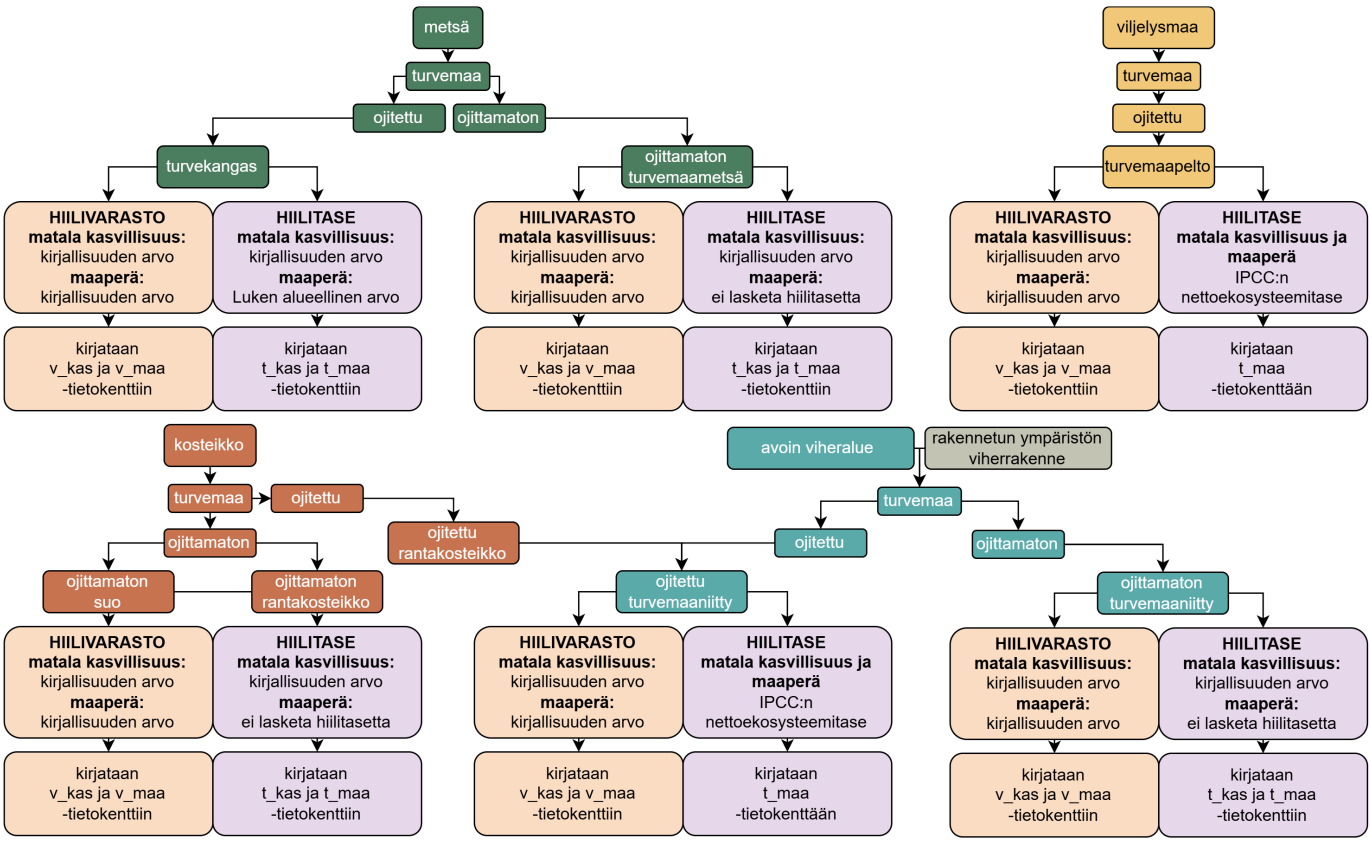
Matalan kasvillisuuden laskentamenetelmissä esitetään ne tilanteet, joissa nettoekosysteemitase kirjattiin matalan kasvillisuuden hiilitaseeseen, ja maaperän laskentamenetelmissä ne tilanteet, joissa nettoekosysteemitase kirjattiin maaperän hiilitaseeseen.

Taulukko 7-2. Nettoekosysteemitaseella laskettujen hiilinielu- ja päästölähdetulkintojen kohdentaminen hiilitaseen laskennassa.

Maankäyttöluokka	Maaperä ja ojitus	Kohde	Nettoekosys- teemitaseen arvo	Kohdentaminen
Avoin viheralue	Kivennäismaa	Niitty	hiilinielu	Matalan kasvillisuuden hiilitase
Avoin viheralue	Ojittamaton turvemaa	Turvemaaniitty	hiilinielu	Matalan kasvillisuuden hiilitase
Avoin viheralue	Ojitettu turvemaa	Turvemaaniitty	päästölähde	Maaperän hiilitase
Rakennetun ympäristön viherrakenne	Kivennäismaa	Nurmikot, niityt ja niiden yhdistelmät	hiilinielu	Matalan kasvillisuuden hiilitase
Rakennetun ympäristön viherrakenne	Ojittamaton turvemaa	Turvemaaniitty	hiilinielu	Matalan kasvillisuuden hiilitase
Rakennetun ympäristön viherrakenne	Ojitettu turvemaa	Turvemaaniitty	päästölähde	Maaperän hiilitase
Viljelysmaa	Ojitettu turvemaa	Turvemaapelto	päästölähde	Maaperän hiilitase
Kosteikko	Ojitettu turvemaa	Rantakosteikko	päästölähde	Maaperän hiilitase



Kuva 7-4. Vuokaavio havainnollistaa matalan kasvillisuuden ja maaperän laskentamenetelmien soveltamista sekä tulosten kohdentamista kivennäismailla maankäytön pääluokittain.



Kuva 7-5. Vuokaavio havainnollistaa matalan kasvillisuuden ja maaperän laskentamenetelmien soveltamista sekä tulosten kohdentamista turvemailla maankäytön pääluokittain. Turvemailla ojitustilanne on keskeinen menetelmän määrittävä

muuttuja.

7.3 Matalan kasvillisuuden laskentamenetelmät

Matalan kasvillisuuden hiilivarasto ja -tase laskettiin kaikille pääkaupunkiseudun kasvullisille alueille lukuun ottamatta kohteita, joille hiilitaseen laskentaan ei ollut käytettävissä soveltuvaa tutkimustietoa. Tässä selvityksessä matalalla kasvillisuudella tarkoitetaan puuston ulkopuolista alle kahden metrin korkuista kasvillisuutta, kuten metsien aluskasvillisuutta, niitty- ja nurmikkokasvillisuutta, pensaita, viljelykasveja sekä kosteikkojen kasvillisuutta.

Laskentamenetelmät perustuivat Suomen kasvihuonekaasuinventaariossa, vertaisarvioidussa tutkimuskirjallisuudessa sekä muissa selvityksen kannalta soveltuvissa tutkimuksissa esitettyihin hiilivarasto- ja hiilitasearvoihin. Käytettävät laskenta-arvot vaihtelivat maankäyttöluokan, kasvillisuustyypin, maaperän ja ojitustilanteen mukaan.

Metsissä tarkasteltiin aluskasvillisuutta, avoimilla viheralueilla pääosin niittykasvillisuutta, rakennetun ympäristön viherrakenteissa nurmikoiden, niittyjen ja pensaiden muodostamaa kasvillisuutta, viljelysmailla satokasveja sekä kosteikoilla suo- ja rantakosteikkokasvillisuutta.

Hiilivarastot määritettiin kasvillisuuden biomassan ja sen hiilipitoisuuden perusteella. Hiilitaseet määritettiin joko nettoperustuotannon, nettoekosysteemitaseen tai tutkimuskirjallisuudesta johdettujen luokkakohtaisten nettoekosysteemitaseiden yhdistelmäarvojen perusteella.

Useissa maankäyttöluokissa kivennäis- ja turvemaiden matalan kasvillisuuden hiilivarastot voitiin käsitellä samalla tavalla. Hiilitaseen laskennassa oli kivennäis- ja turvemailla kuitenkin myös merkittäviä eroja. Siksi matalan kasvillisuuden laskentamenetelmissä käsitellään ensin kivennäismaille sovellettavien arvojen laskenta ja tämän jälkeen turvemaiden matalan kasvillisuuden laskentamenetelmät kuvataan erikseen.

Taulukko 7-3. Matalan kasvillisuuden hiilivarasto- ja hiilitasearvojen yhteenveto.

Matala kasvillisuus	Maankäytön pääluokka, jossa kasvillisuutta esiintyy	Hiilivarasto (tn CO_2/ha)	Hiilitase (tn CO_2/ha/v)	Keskeiset lähteet
Kangasmetsän aluskasvillisuus, taimikko tai varvikko	Metsä	9,167	−0,928	Palviainen (2005), Muukkonen ja Mäkipää (2006), Kolari ym. (2006), Ilvesniemi ym. (2009), Kulmala ym. (2011), Malone ym. (2017), Collalti ja Prentice (2019), Landsberg ym. (2020)
Niittykasvit	Avoin viheralue, rakennetun ympäristön viherrakenne, viljelysmaa	15,51	−0,806 / ei laskettu*	Tilastokeskus (2025), Trémeau ym. (2024)
Nurmikko	Avoin viheralue, rakennetun ympäristön viherrakenne	3,667	−0,987... −2,459**	Tilastokeskus (2025), Trémeau ym. (2024), Thölix ym. (2025),
Pensaat	Rakennetun ympäristön viherrakenne	91,667	ei laskettu	Tommila ym. (2024)
Yksi- tai monivuotiset (hyöty)kasvit	Avoin viheralue, viljelysmaa	11,99	ei laskettu	Suomen ympäristökeskus (2021), Tilastokeskus (2025)
Kaisla- tai ruovikkokasvillisuus	Kosteikko	15,51	ei laskettu	Tilastokeskus (2025), Williamson ym. (2026), Bisander ym. (2025)
Suokasvillisuus	Kosteikko	9,167	−0,928	Sovellettiin kangasmetsän aluskasvillisuuden arvoja

* Ojitettujen turvemaaniittyjen nettoekosysteemitase kirjattiin maaperän hiilitaseeseen.

** Nurmikoiden hiilitase vaihteli kastelemattoman ja kastellun nurmikon tutkimusarvojen perusteella välillä −0,987...−2,459 tn CO_2/ha/v.

7.3.1 Metsien matala kasvillisuus

Metsien matalan kasvillisuuden laskennassa tarkasteltiin metsien aluskasvillisuutta. Aluskasvillisuuteen sisältyivät kenttäkerroksen ruohovartiset kasvit sekä pohjakerroksen sammalet ja jäkälät. Hiilivaraston laskennassa huomioitiin sekä maanpäällinen että maanalainen biomassa, sillä merkittävä osa aluskasvillisuuden biomassasta sijaitsee juuristossa.

Metsien matalan kasvillisuuden hiilivarasto

Aluskasvillisuuden biomassa vaihtelee boreaalisissa metsissä kasvupaikan ravinteisuuden, metsän kehitysvaiheen ja metsärakenteen mukaan. Muukkonen ja Mäkipää (2006) kokoamissa boreaalisten metsien tutkimustuloksissa aluskasvillisuuden biomassa vaihteluväli on noin 2 000–8 000 kg/ha. Palviainen (2005) tutkimuksessa varttuneessa, noin

140-vuotiaassa kuusivaltaisessa sekametsässä Kangasvaaralla aluskasvillisuuden biomassan määräksi raportoitiin 5 307 kg/ha.

Tässä selvityksessä metsien aluskasvillisuuden biomassana käytettiin arvoa 5 000 kg/ha, mikä sijoittuu tutkimuksissa raportoitujen arvojen keskiosaan. Biomassan hiilipitoisuutena käytettiin arvoa 50 %.

Näiden lähtötietojen perusteella metsien matalan kasvillisuuden hiilivarastoksi määritettiin 2,500 tn C/ha eli 9,167 tn CO_2/ha.

Metsien matalan kasvillisuuden hiilitase

Metsien matalan kasvillisuuden hiilitase määritettiin nettoperustuotannon perusteella. Nettoperustuotanto (Net Primary Production, NPP) kuvaa kasvien yhteyttämällä tuottamaa biomassaa sen jälkeen, kun kasvien oman hengityksen seurauksena ilmakehään palautuva hiilidioksidi on vähennetty (Malone ym. 2017).

Useissa tutkimuksissa raportoidaan aluskasvillisuuden hiilensidonta bruttoperustuotantona (Gross Primary Production, GPP), joka kuvaa fotosynteesillä tuotetun orgaanisen aineksen kokonaismäärää ennen kasvien soluhengityshäviöiden vähentämistä.

Bruttoperustuotannon arvot muunnettiin nettoperustuotannoksi käyttämällä netto- ja bruttoperustuotannon suhdelukua NPP/GPP = 0,46. Suhdeluku perustuu Collalti ja Prentice (2019) yli 200 metsäkohdetta käsitelleeseen analyysiin. Landsberg ym. (2020) pitävät suhdeluvun vaihteluvälejä suurina, mutta suhdelukua käyttökelpoisena yksinkertaistettujen mallien pohjaksi.

Metsien matalan kasvillisuuden hiilitase määritettiin Kolari ym. (2006), Ilvesniemi ym. (2009) ja Kulmala (2011) tutkimusten perusteella. Kolari ym. ja Ilvesniemi ym. tutkimukset käsittelevät noin 40–45-vuotiaita mäntyvaltaisia varttuneita kasvatusmetsiä. Kulmalan tutkimus tarkastelee useita eri ikäluokkia, mukaan lukien selvästi vanhempia, noin 120-vuotiaita mäntyvaltaisia metsiä.

Painotetussa keskiarvossa korostettiin Kulmalan tutkimuksen osuutta, jotta eri-ikäiset metsät tulisivat paremmin edustetuiksi eikä kasvuikäisten metsien matalan kasvillisuuden vaikutus painottuisi liikaa. Lisäksi tutkimuksista valittiin bruttoperustuotannon vaihteluvälien alarajoja edustavat arvot, jotta matalan kasvillisuuden hiilensidontaa ei selvityksessä yliarvioitaisi. Tutkimuskohtaiset brutto- ja nettoperustuotannon muunnokset, painotukset ja painotetun keskiarvon laskenta esitetään liitteessä 7A.

Näiden lähtötietojen perusteella metsien matalan kasvillisuuden hiilitaseeksi määritettiin −0,250 tn C/ha/v eli −0,928 tn CO_2/ha/v.

7.3.2 Avoimien viheralueiden matala kasvillisuus

Avoimien viheralueiden matalan kasvillisuuden oletettiin koostuvan pääosin niittykasvillisuudesta, joka sisältää sekä yksi- että monivuotisia ruohovartisia kukka- ja heinäkasveja. Hiilivaraston laskennassa huomioitiin sekä maanpäällinen että maanalainen biomassa, koska merkittävä osa niittykasvillisuuden biomassasta sijaitsee kasvien juuristossa.

Poikkeuksen sovellettavaan menetelmään muodosti käyttöniittyjen kohdeluokka, jonka kasvillisuusrakenne tulkittiin käyttötarkoituksensa perusteella nurmikkovaltaisemmaksi kuin muilla avoimilla viheralueilla. Käyttöniittyjen arvot käsiteltiin tämän vuoksi rakennetun ympäristön viherrakenteiden nurmikko- ja niittykasvillisuuden yhdistelmäarvona.

Avoimien viheralueiden matalan kasvillisuuden hiilivarasto

Avoimien viheralueiden niittykasvillisuuden biomassan oletettiin olevan suuruusluokaltaan kesannolla olevan pellon kasvillisuuden kaltainen. Suomen kasvihuonekaasuinventaariossa kesannolla olevien peltojen maanpäälliseksi biomassaksi on määritelty 5 375 kg/ha, maanalaiseksi biomassaksi 4 036 kg/ha ja biomassan hiilipitoisuudeksi 45 % (Tilastokeskus 2025).

Lähtötietojen perusteella avoimien viheralueiden matalan kasvillisuuden hiilivarastoksi määritettiin 4,230 tn C/ha eli 15,510 tn CO_2/ha.

Avoimien viheralueiden matalan kasvillisuuden hiilitase

Avoimien viheralueiden matalan kasvillisuuden hiilitase määritettiin nettoekosysteemitaseen perusteella. Suomen kasvihuonekaasuinventaariossa ruohomaat käsitellään pääosin hiilitaseeltaan tasapainossa olevina alueina. Tässä selvityksessä tästä poikettiin, koska pääkaupunkiseudulta oli käytettävissä niittyjen hiilenkiertoa koskevia tuoreita tutkimustuloksia.

Trémeau ym. (2024) mukaan kosteiden niittyjen nettoekosysteemitase on −0,41 tn C/ha/v ja kuivien niittyjen −0,17 tn C/ha/v. Tässä selvityksessä kivennäismaaniittyjen hiilitase johdettiin kosteiden ja kuivien niittyjen

nettoekosysteemitaseista painotettuna keskiarvona siten, että kuivien niittyjen painoarvoksi määritettiin 80 % ja kosteiden niittyjen painoarvoksi 20 %.

Kuiville niityille annettiin kosteita niittyjä suurempi painoarvo, jotta laskennassa käytetty hiilitase vastaisi paremmin Järvi ym. (2024) ja Poeplau ym. (2016) esittämiä havaintoja niittyjen ja nurmikoiden välisistä eroista hiilensidonnassa, minkä mukaan niityt ovat nurmikoita heikompi hiilinielu. Tämän vuoksi painotus kohdistettiin kuiviin niittytyyppeihin. Kosteiden ja kuivien niittyjen tutkimuskohtaiset nettoekosysteemitaseen arvot, painotukset ja painotetun keskiarvon laskenta esitetään liitteessä 7B.

Näiden lähtötietojen perusteella avoimien viheralueiden matalan kasvillisuuden hiilitaseeksi määritettiin −0,220 tn C/ha/v eli −0,806 tn CO_2/ha/v.

7.3.3 Rakennetun ympäristön viherrakenteiden matala kasvillisuus

Rakennetun ympäristön viherrakenteiden matala kasvillisuus koostui useista kasvillisuusrakenteista, joiden osuudet vaihtelivat alueen käyttötarkoituksen ja hoitotoimenpiteiden mukaan. Tässä selvityksessä rakennetun ympäristön viherrakenteiden matalan kasvillisuuden määritettiin koostuvan nurmikoista, niityistä, pensaista ja istutuksista. Jotta hiilivarastot ja -tase voitiin laskea, tuli ensin määritellä kunkin kohdeluokan kasvillisuusjakaumien suhteelliset osuudet.

Avoimista viheralueista poikkeuksen matalan kasvillisuuden hiilivaraston ja -taseen laskentaan muodostavat käyttöniityt, jotka ovat käyttötarkoituksensa perusteella enemmän nurmikkovaltaisia kuin yksinomaan niittykasveja sisältäviä alueita. Käyttöniittyjen kasvillisuusrakenteen tulkinnassa hyödynnettiin Viherympäristöliiton (2020) kuvausta, jonka mukaan käyttöniityt ovat ulkoiluun ja harrastamiseen tarkoitettuja alueita. Käyttöniittyjen matalalle kasvillisuudelle laskettiin erillinen nurmikko- ja niittykasvillisuuden hiilivaraston ja -taseen yhdistelmäarvo. Arvojen määriteltiin vastaavan urheilu- ja virkistysalueita. Arvojen laskenta on esitelty rakennetun ympäristön viherrakenteiden laskentaa kuvaavassa osiossa.

Rakennetun ympäristön viherrakenteiden kasvillisuusjakaumien määrittäminen

Kasvillisuusrakenteiden suhteelliset osuudet määriteltiin perustuen Helsingin puistoja koskevaan tutkimustietoon ja tieympäristöjä koskevaan viheralueiden hoidon ohjeistukseen. Käytetyt kasvillisuusjakaumat sisältävät kuitenkin runsaasti tätä selvitystä varten määriteltyjä oletuksia, sillä tarkempaa kasvillisuusjakaumaa kohdeluokista ei ollut saatavilla.

Rakennetun ympäristön viherrakenteet jaettiin kasvillisuusjakaumien perusteella kolmeen ryhmään:

- **puistomaiset ja hoidetut viheralueet sekä -rakenteet** eli RAMS-kunnossapitoluokkien R-luokat, puistot, hautausmaat, urheilu- ja virkistysalueet sekä rakennettujen kiinteistöjen viherrakenteet sekä avoimista viheralueista käyttöniityt
- **liikennealueiden viheralueet** eli katu-, tie-, rautatie-, autoliikenne- ja lentokenttäalueen viheralueet
- **vähemmän hoitointensiiviset viheralueet** eli jätteenkäsittely-, louhos-, maa-aineksen otto-, satama-, täytemaa-, varasto- ja muuntoasema-alueen viheralueet

Puistomaisten ja hoidettujen viheralueiden sekä -rakenteiden kohdalla tukeuduttiin Moinel ym. (2024) tutkimukseen. Tutkimuksen mukaan Helsingin puistojen matalaa kasvillisuutta sisältävä maanpeite jakautuu keskimäärin noin 70 % nurmikoihin ja noin 13 % pensaisiin. Jakauma perustui tarkasteluun, jossa harmaa infrastruktuuri ja metsät rajattiin jakauman ulkopuolelle. Moinel ym. (2024) puistokohtaiset kasvillisuusjakaumat sekä niistä johdetut nurmikoiden ja pensaiden osuudet esitetään liitteessä 7C.

Tutkimuksen tuloksia käytettiin lähtökohtana puistomaisten ja hoidettujen viheralueiden sekä -rakenteiden kasvillisuusjakaumien määrittelyissä. Tässä selvityksessä käytetyt kasvillisuusjakaumien osuudet vaihtelivat seuraavasti: nurmikot 70–80 %, niityt 0–20 % ja pensaat 10–20 %. Tarkat jakaumat on kuvattu taulukossa 7-4.

Liikennealueiden kasvillisuusjakauman määrittäminen perustui Väyläviraston (2023) tieympäristöjä koskevaan ohjeistukseen, jonka mukaan maanteiden tiealueet koostuvat pääosin avoimista nurmi- ja niittyalueista. Ohjeistuksessa tieympäristöjen kuvataan usein soveltuvan niittymäiselle kasvillisuudelle karujen ja kuivien kasvupaikkaolosuhteiden

vuoksi. Lisäksi ohjeistuksessa korostetaan nykyisten nurmialueiden kehittämistä niittymäisiksi alueiksi silloin, kun se on kohteen ominaisuuksien kannalta mahdollista.

Ohjeistuksen perusteella tässä selvityksessä oletettiin, että katu- ja tiealueiden viheralueilla matala kasvillisuus jakautui 30 % nurmikoihin ja 70 % niittyihin.

Vähemmän hoitointensiivisten viheralueiden oletettiin tässä selvityksessä koostuvan niityistä.

Taulukko 7-4. Rakennetun ympäristön viherrakenteiden kasvillisuusjakaumat.

Kohdeluokka	Nurmikko (%)	Niitty (%)	Pensas (%)
Rakennettu arvoviheralue	80	0	20
Toimintaviheralue ja käyttöviheralue	70	20	10
Suoja- ja vaihettumisviheralue	20	70	10
Puiston, hautausmaan, urheilu- ja virkistysalueen viheralue sekä rakennetun kiinteistön viherrakenne	60	20	10
Avoimista viheralueista käyttöniitty	70	30	0
Katu-, tie-, rautatie-, autoliikenne- ja lentokenttäalueen viheralue	30	70	0
Jätteenkäsittely-, louhos-, maa-aineksen otto-, satama-, täytemaa-, varasto- ja muuntoasema-alueen viheralue	0	100	0

Rakennetun ympäristön viherrakenteiden matalan kasvillisuuden hiilivarasto

Rakennetun ympäristön viherrakenteiden matalan kasvillisuuden hiilivarasto laskettiin nurmikoiden, niittyjen ja pensaiden hiilivarastoarvojen sekä kohdeluokkakohtaisten kasvillisuusjakaumien perusteella.

Nurmikoiden biomassan katsottiin vastaavan ruohoista ja apiloista koostuvaa kasvillisuuden biomassaa. Suomen kasvihuonekaasuinventaarion vuosiraportissa ruohojen ja apiloiden maanpäällinen biomassa on 800 kg/ha ja maanalainen biomassa 1 200 kg/ha (Tilastokeskus 2025). Biomassan hiilipitoisuutena käytettiin arvoa 50 %, jolloin nurmikon hiilivarastoksi saatiin 1,000 tn C/ha eli 3,667 tn CO_2/ha.

Niittyjen hiilivarastona käytettiin samaa arvoa kuin avoimilla viheralueilla: 4,230 tn C/ha eli 15,510 tn CO_2/ha.

Pensaiden arvo johdettiin Tommila ym. (2024) tutkimuksesta, jossa pienten ja keskisuurten pensaiden maanpäälliset ja maanalaiset hiilivarastot sijoittuvat noin 22 000–28 000 kg C/ha vaihteluvälille. Pensaiden hiilivarastona käytettiin vaihteluvälin keskiarvoa 25,000 tn C/ha eli 91,667 tn CO_2/ha. Tutkimuksesta korkeiden pensaiden arvot jätettiin tarkastelun ulkopuolelle kaksoislaskennan välttämiseksi, sillä yli kahden metrin puuvartinen kasvillisuus käsiteltiin puuston laskennassa.

Taulukko 7-5. Rakennetun ympäristön viherrakenteiden matalan kasvillisuuden hiilivarastot.

Kohdeluokka	Hiilivarasto (tn C/ha)	Hiilivarasto (tn CO_2/ha)
Rakennettu arvoviheralue	5,800	21,267
Toimintaviheralue ja käyttöviheralue	4,046	14,835
Suoja- ja vaihettumisviheralue	5,661	20,757
Puiston, hautausmaan, urheilu- ja virkistysalueen viheralue sekä rakennetun kiinteistön viherrakenne	3,946	14,469
Avoimista viheralueista käyttöniitty	1,969	7,220
Katu-, tie-, rautatie-, autoliikenne- ja lentokenttäalueen viheralue sekä avoimista viheralueista käyttöniitty	3,261	11,957
Jätteenkäsittely-, louhos-, maa-aineksen otto-, satama-, täytemaa-, varasto- ja muuntoasema-alueen viheralue	4,230	15,510

Rakennetun ympäristön viherrakenteiden matalan kasvillisuuden hiilitase

Rakennetun ympäristön viherrakenteiden matalan kasvillisuuden hiilitase määritettiin nurmikoiden ja niittyjen nettoekosysteemitasetta kuvaavien tutkimusten mittausarvojen perusteella. Pensaille ei laskettu erillistä vuosittaista hiilitasetta, koska soveltuvaa alueelliseen laskentaan yleistettävää tutkimusarvoa ei ollut käytettävissä.

Niittymäisille osa-alueille käytettiin avoimien viheralueiden niittykasvillisuuden hiilitasearvoa −0,220 tn C/ha/v eli −0,806 tn CO_2/ha/v.

Nurmikoiden hiilitaseessa erotettiin kastellut ja kastelemattomat nurmikot. Trémeau ym. (2024) ja Thölix ym. (2025) tutkimustulosten perusteella kastellun nurmikon hiilitasearvoksi määritettiin −0,671 tn C/ha/v eli −2,459 tn CO_2/ha/v ja kastelemattoman nurmikon hiilitasearvoksi −0,269 tn C/ha/v eli −0,987 tn CO_2/ha/v. Molemmille tutkimuksille annettiin

sama 50 % painoarvo. Nurmikoiden tutkimuskohtaiset nettoekosysteemitaseet ja kastellun sekä kastelemattoman nurmikon painotetut keskiarvot esitetään liitteessä 7D. Taulukossa 7-6 on kuvattu rakennetun ympäristön viherrakenteiden kohdeluokkakohtaiset matalan kasvillisuuden jakaumat ja niiden hiilitaseet.

Taulukko 7-6. Rakennetun ympäristön viherrakenteiden matalan kasvillisuuden hiilitaseet.

Kohdeluokka	Kasteltu nurmikko (%)	Kastelematon nurmikko (%)	Niitty (%)	Hiilitase (tn C/ha/v)	Hiilitase (tn CO_2/ha/v)
Rakennettu arvoviheralue	100	0	0	-0,671	-2,459
Toimintaviheralue ja käyttöviheralue	40	40	20	-0,420	-1,540
Suoja- ja vaihettumisviheralue	0	30	70	-0,235	-0,860
Puiston, hautausmaan sekä urheilu- ja virkistysalueen viheralue	40	40	20	-0,420	-1,540
Avoimista viheralueista käyttöniitty	0	30	70	-0,235	-0,860
Katu-, tie-, rautatie-, autoliikenne- ja lentokenttäalueen viheralue	0	30	70	-0,235	-0,860
Jätteenkäsittely-, louhos-, maa-aineksen otto-, satama-, täytemaa-, varasto- ja muuntoasema-alueen viheralue	0	0	100	-0,220	-0,806

7.3.4 Viljelysmaiden matala kasvillisuus

Viljelysmaiden matala kasvillisuus koostuu yksi- ja monivuotisista satokasveista. Niiden hiilivarastojen laskennassa huomioitiin sekä maanpäälliset että maanalaiset kasvien osat.

Viljelysmaiden matalan kasvillisuuden hiilivarasto

Viljelysmaiden kasvillisuus vaihtelee vuosittain viljelykasvien, viljelykierron ja satotason mukaan. Tämän vuoksi yksittäisen kasvilajin arvo ei sovellu alueelliseen laskentaan. Suomen ympäristökeskuksen (2021) Maatalousmaa 2021 -aineistoon perustuva pinta-alalla painotettu keskiarvo kuvaa pääkaupunkiseudun viljelysmaiden keskimääräistä satokasvirakennetta ja on siten soveltuva hehtaarikohtaisen hiilivaraston laskentaan.

Viljelysmaiden matalan kasvillisuuden keskiarvoiseksi maanpäälliseksi biomassaksi saatiin 5 142 kg/ha ja maanalaiseksi biomassaksi 2 128 kg/ha. Viljelykasvien biomassan hiilipitoisuutena käytettiin arvoa 45 %.

Näiden lähtötietojen perusteella viljelysmaiden matalan kasvillisuuden hiilivarastoksi määritettiin 3,270 tn C/ha eli 11,990 tn CO_2/ha.

Viljelysmaiden matalan kasvillisuuden hiilitase

Viljelysmaiden kasvillisuuden vuosittainen hiilensidonta ei sellaisenaan kuvaa alueelle jäävää hiilivaraston muutosta, sillä merkittävä osa biomassasta poistuu sadonkorjuun yhteydessä. Tämän takia viljelysmaille ei laskettu erillistä matalan kasvillisuuden hiilitasetta.

Kivennäismailla sijaitsevien viljelysmaiden orgaanisen aineksen syöte ja sen vaikutus hiilitaseeseen kuitenkin huomioitiin maaperän hiilenkierron mallinnuksessa sekä yksi- että monivuotisten kasvien osalta.

7.3.5 Kosteikkojen matala kasvillisuus

Kivennäismailla sijaitsevat kosteikot sisältävät tässä selvityksessä vain rantakosteikkoja. Niiden kasvillisuus koostuu ruoko- ja kaislakasveista.

Kosteikkojen matalan kasvillisuuden hiilivarasto

Rantakosteikkojen matalan kasvillisuuden hiilivarastona käytettiin niittykasvillisuuden arvoa 4,230 tn C/ha eli 15,510 tn CO_2/ha.

Williamson ym. (2026) tutkimus Suomesta osoittaa, että rantakosteikkojen hiilivaraston laskentaan olisi käytettävissä tarkempiakin arvoja kuin tässä selvityksessä käytetty yleistetty niittykasvillisuuden arvo. Tämä on huomioitu laskennan jatkokehitysmahdollisuuksissa.

Kosteikkojen matalan kasvillisuuden hiilitase

Rantakosteikoille ei laskettu matalan kasvillisuuden hiilitasetta. Rantakosteikkojen hiilitaseen laskentaan liittyy merkittävää epävarmuutta, koska hiilenkierron prosessit tunnetaan puutteellisesti. Williamson ym. (2026) korostavat, että hiilenkiertoon vaikuttavat ominaisuudet vaihtelevat ekosysteemin vyöhykkeiden, vedenpinnan vaihtelun,

kasvillisuusrakenteen ja paikallisten olosuhteiden mukaan. Lisäksi alueellisessa paikkatietolaskennassa rantakosteikkojen virheellinen luokittelu voisi aiheuttaa merkittävää lisäepävarmuutta tuloksiin.

Bisander ym. (2025) osoittavat Ruotsissa tehdyn tutkimuksen perusteella, että rantakosteikkojen ruovikot voivat olla vuositasolla päästölähteitä. Luonnontilaisille kosteikkoalueille ei kuitenkaan lasketa hallitustenvälisen ilmastonmuutospaneelin (2014) ohjeistuksen mukaan päästöjä. Tämän vuoksi mahdollisia luonnontilaisten ruovikoiden päästöjä ei huomioitaisi laskennassa päästölähteinä.

Näiden perustelujen vuoksi rantakosteikoille määritettiin tässä selvityksessä hiilivarasto, mutta ei erillistä matalan kasvillisuuden hiilitasetta.

7.3.6 Turvemaiden matalan kasvillisuuden laskentamenetelmät

Tässä osiossa kerrotaan, kuinka turvemaiden hiilivarasto ja -tase käsiteltiin laskentaluokittain. Pääsääntöisesti matalan kasvillisuuden hiilivarastot voitiin määrittää kuten kivennäismailla. Hiilitaseen laskentaan sovellettava menetelmä määräytyi turvemailla ensisijaisesti ojitustilanteen mukaisesti.

Turvekankaiden matala kasvillisuus

Turvemailla sijaitsevat metsät käsiteltiin turvekankaina. Turvekangas on ojituksen seurauksena kuivunut turvemaa, jossa alkuperäinen suokasvillisuus on korvautunut pääosin kangasmetsän kasvillisuudella. Tämän vuoksi turvekankaiden matalan kasvillisuuden hiilivaraston ja -taseen laskennassa voitiin hyödyntää samoja arvoja kuin kivennäismailla sijaitsevissa metsissä.

Turvemaaniittyjen matala kasvillisuus

Turvemailla sijaitsevat avoimet viheralueet ja rakennetun ympäristön viherrakenteet käsiteltiin turvemaaniittyinä. Turvemaaniittyjen matalan kasvillisuuden hiilivarasto määritettiin kuten kivennäismailla biomassan ja hiilipitoisuuden avulla.

Ojittamattomien turvemaaniittyjen matalan kasvillisuuden hiilivaraston ja -taseen arvot määriteltiin kuten kivennäismaillakin.

Ojitetuilla turvemailla erillistä matalan kasvillisuuden hiilitasetta ei laskettu, sillä ne käsiteltiin hallitustenvälisen ilmastonmuutospaneelin (2014) ohjeiden mukaisesti nettoekosysteemitaseen avulla ja tulos kirjattiin maaperän päästöksi.

Turvemaapeltojen matala kasvillisuus

Turvemailla sijaitsevat viljelysmaat käsiteltiin turvemaapeltoina. Turvemaapeltojen matalan kasvillisuuden hiilivarastot määritettiin kuten kivennäismailla biomassan ja hiilipitoisuuden avulla.

Turvemaapelloille ei laskettu erillistä matalan kasvillisuuden hiilitasetta, sillä turvemaapellot käsiteltiin hallitustenvälisen ilmastonmuutospaneelin (2014) ohjeiden mukaisesti nettoekosysteemitaseen avulla ja tulos kirjattiin maaperän päästöksi.

Rantakosteikkojen ja suoalueiden matala kasvillisuus

Turvemailla sijaitsevat kosteikot käsiteltiin rantakosteikkoina ja suoalueina.

Ojittamattomat rantakosteikot käsiteltiin kuten kivennäismaiden rantakosteikot. Näin matalan kasvillisuuden hiilivarastona käytettiin niittykasvillisuuden arvoa 4,230 tn C/ha eli 15,510 tn CO_2/ha. Hiilitasetta ei laskettu samoista epävarmuussyistä kuin kivennäismailla.

Ojitetuille rantakosteikoille ei kohdennettu erillistä matalan kasvillisuuden hiilitasetta, sillä ne käsiteltiin hallitustenvälisen ilmastonmuutospaneelin (2014) ohjeiden mukaisesti nettoekosysteemitaseen avulla ja tulos kirjattiin maaperän päästöksi.

Suoalueita esiintyy tässä selvityksessä vain ojittamattomina, sillä ojituksen seurauksena ne siirtyvät muihin maankäyttöluokkiin.

Suoalueiden matalan kasvillisuuden arvioitiin olevan metsien aluskasvillisuuden kaltainen biomassaltaan ja hiilensidontakyvyltään. Näin suoalueiden matalan kasvillisuuden hiilivarastolle käytettiin arvoa 2,500 tn C/ha eli 9,167 tn CO_2/ha ja hiilitaseelle arvo −0,250 tn C/ha/v eli −0,928 tn CO_2/ha/v.

7.3.7 Epävarmuudet matalan kasvillisuuden laskentamenetelmissä

Matalan kasvillisuuden hiilivarasto- ja hiilitasearvoihin liittyi epävarmuuksia erityisesti kasvillisuusrakenteiden alueellisessa yleistämisessä sekä tutkimustulosten soveltamisessa koko pääkaupunkiseudun mittakaavaan. Useat laskennassa käytetyt hiilivaraston ja -taseen arvot perustuivat yksittäisissä tutkimuksissa mitattuihin biomassamääriin tai hiilenkiertoa kuvaaviin tunnuslukuihin, joita sovellettiin tässä selvityksessä laajempien maankäyttöluokkien keskimääräisinä arvoina.

Menetelmässä hyödynnettiin laajasti viimeaikaista tutkimustietoa, josta merkittävä osa on tuotettu pääkaupunkiseudulla tai vastaavissa ympäristöissä. Tämä vähentää käytettyihin arvoihin liittyvää epävarmuutta ja parantaa tulosten kykyä kuvata pääkaupunkiseudun nykyisiä kasvillisuus- ja ympäristöolosuhteita.

Keskeisiä epävarmuuden lähteitä olivat kasvillisuuden rakenteellinen vaihtelu, tutkimusaineistojen edustavuus sekä hiilitaseiden kohdentamiseen liittyvät laskennalliset ratkaisut.

Kasvillisuusrakenteisiin liittyvät epävarmuudet aiheutuivat siitä, että kasvillisuuden määrä ja koostumus vaihtelevat kasvupaikan ravinteisuuden, kosteuden, hoitokäytäntöjen ja kasvillisuuden kehitysvaiheen mukaan. Erityisesti rakennetun ympäristön viherrakenteissa nurmikoiden, niittyjen, pensaiden ja istutusten suhteelliset osuudet vaihtelivat kohteittain, minkä vuoksi kasvillisuusjakaumia jouduttiin määrittämään yleistettyinä oletuksina.

Tutkimusaineistoihin liittyvät epävarmuudet johtuivat siitä, että kaikkien kasvillisuustyyppien osalta ei ollut käytettävissä pääkaupunkiseudulle suoraan soveltuvia tutkimustuloksia. Osa hiilivarastojen ja -taseen arvoista perustui yksittäisiin tutkimuskohteisiin tai rajalliseen määrään mittausaineistoa, mikä lisää epävarmuutta tulosten alueellisessa yleistämisessä. Lisäksi sääolojen ja kasvukauden vaihtelu voi aiheuttaa huomattavia vuosien välisiä eroja kasvillisuuden tuotannossa ja hiilensidonnassa.

Laskentamenetelmään liittyvät epävarmuudet liittyvät erityisesti nettoekosysteemitaseen hyödyntämiseen. Useissa tutkimuksissa raportoidut nettoekosysteemitaseet kuvaavat kasvillisuuden ja maaperän yhteisvaikutusta, eikä näiden osuuksia voida yksiselitteisesti erottaa toisistaan. Tässä selvityksessä nettoekosysteemitase kohdennettiin matalan kasvillisuuden tai maaperän hiilitaseeksi laskennallisen tulkinnan perusteella. Menettely mahdollistaa eri maankäyttöluokkien yhdenmukaisen käsittelyn, mutta siihen liittyy epävarmuutta hiilen jakautumisesta kasvillisuuden ja maaperän välillä**.** Erityisesti rakennetun ympäristön viherrakenteissa ja avoimilla viheralueilla laskettu hiilitase kuvaa alueen kokonaishiilen sitoutumista luotettavasti, mutta ei sitä, kuinka suuri osuus sitoutuneesta hiilestä kertyy kasvillisuuteen ja kuinka suuri osuus maaperään.

Kosteikkoihin liittyvä epävarmuus oli suurempi kuin useimmissa muissa maankäyttöluokissa ja kasvillisuustyypeissä. Rantakosteikkojen hiilenkiertoa tunnetaan edelleen puutteellisesti, ja hiilitaseeseen vaikuttavat muun muassa vedenpinnan vaihtelu, kasvillisuusvyöhykkeiden rakenne sekä paikalliset ympäristöolosuhteet.

Tuloksia tulee tämän vuoksi tarkastella pääkaupunkiseudun mittakaavassa laadittuina alueellisina arvoina eikä yksittäisten kohteiden tarkkoina kasvillisuuskohtaisina mittauksina. Menetelmä soveltuu erityisesti maankäyttöluokkien, kuntien ja koko selvitysalueen hiilivarastojen ja hiilitaseen tarkastelujen tuottamiseen.

7.3.8 Vaiheen lopputulos

Laskennan tuloksena jokaiselle laskentaluokalle saatiin määritettyä matalan kasvillisuuden hehtaarikohtainen hiilivarasto sekä vuosittainen hiilitase tai vaihtoehtoisesti tieto siitä, että hiilitase sisältyy maaperän laskentaan. Näitä arvoja käytettiin myöhemmässä vaiheessa kohdekohtaisten hiilivarastojen ja hiilitaseiden laskennassa sekä tulosten yhdistämisessä puuston ja maaperän laskentatuloksiin.

Matalan kasvillisuuden laskenta muodosti siten yhden kolmesta hiilitaseselvityksen keskeisestä laskennan osatekijästä puuston ja maaperän rinnalla. Tulokset kohdennettiin lopulliseen paikkatietomuotoiseen hiilitaseaineistoon pääosin kohteiden maankäyttö- ja maaperäluokan sekä pinta-alan perusteella. Lisäksi kohdentamisessa hyödynnettiin turvemaiden osalta tietoa kohteen ojitustilanteesta.

7.4 Maaperän laskentamenetelmät

Maaperän hiilivarastolla tarkoitetaan maaperään sitoutunutta hiiltä. Maaperän hiilivarasto laskettiin pääkaupunkiseudun kasvullisille alueille kaikissa laskennassa käytetyissä pää-, ala- ja kohdeluokissa. Kasvullisten alueiden lisäksi hiilivarasto määritettiin hakkuuaukeiden, laajempien niittyalueiden ja kosteikkojen rakentamattomalle paljaalle maalle, sillä niiden maaperässä on merkittäviä hiilivarastoja.

Maaperän hiilitaseella tarkoitetaan tässä selvityksessä laskettua maaperän hiilivaraston vuosittaista muutosta tai kirjallisuudesta, mallinnuksesta tai laskentaohjeista johdettua maaperän vuosittaista hiilitasearvoa. Maaperän hiilitase laskettiin joko erikseen tai nettoekosysteemitaseen avulla kaikille pääkaupunkiseudun kasvullisille alueille muutamia

poikkeuksia lukuun ottamatta. Poikkeuksen muodostivat ojittamattomat turvemaat, joille ei lasketa maaperän päästöä hallitustenvälisen ilmastonmuutospaneelin laskentaohjeistuksen (2014) mukaisesti.

Tässä selvityksessä maaperän hiilivarastojen ja -taseen laskentaan sovellettiin kolmea pääasiallista menetelmäryhmää:

1. **Yasso07-mallinnus**, jota käytettiin kivennäismailla sijaitsevien metsien ja viljelysmaiden maaperän hiilivaraston ja -taseen mallinnukseen sekä avoimien viheralueiden kivennäismaiden maaperän hiilivaraston laskentaan.

2. **Tutkimuskirjallisuudesta johdetut arvot**, joita käytettiin erityisesti rakennetun ympäristön viherrakenteiden ja kosteikkojen sekä turvemaiden hiilivarastojen määrittämisessä.

3. **Luonnonvarakeskuksen alueelliset laskenta-arvot sekä hallitustenvälisen ilmastonmuutospaneelin laskentaohjeiden oletusarvot**, joita sovellettiin turvemaiden hiilitaseiden määrittämiseen.

Sovellettu menetelmä määräytyi ensisijaisesti maaperäluokan, maankäyttöluokan ja ojitustilanteen perusteella, mikä on kuvattu taulukossa 7-7.

Taulukko 7-7. Maaperän hiilivarasto- ja hiilitasearvojen yhteenveto.

Laskentaluokka	Maankäytön pääluokka, johon sovellettiin	Hiilivarasto (tn CO_2/ha)	Hiilitase (tn CO_2/ha/v)	Keskeiset lähteet / menetelmä
Metsä kivennäismaalla	Metsä	425,667	0,687	Yasso07, Tuomi ym. (2009)
Turvekangas (ojitettu)	Metsä	1 033–2 332*	3,762–9,469*	Turunen ym. (2024), Minkkinen ja Laine (1998), Alm ym. (2023), Luonnonvarakeskus (2025)
Turvekangas (ojittamaton)	Metsä	828–1 591*	Ei laskettu	Turunen ym. (2024), Minkkinen ja Laine (1998), hallitustenvälinen ilmastonmuutospaneeli (2014)
Niitty kivennäismaalla	Avoin viheralue	270,233–355,667**	Sisältyy matalan kasvillisuuden taseeseen	Yasso07, Tuomi ym. (2009), Karvinen ym. (2024)
Turvemaaniitty (ojitettu)	Avoin viheralue, rakennetun ympäristön viherrakenne, viljelysmaa	1 712	20,9	Turunen ym. (2024), hallitustenvälinen ilmastonmuutospaneeli (2014)
Turvemaaniitty (ojittamaton)	Avoin viheralue, rakennetun ympäristön viherrakenne	1 168	Sisältyy matalan kasvillisuuden taseeseen	Turunen ym. (2024), hallitustenvälinen ilmastonmuutospaneeli (2014)
Nurmikko, niitty ja pensaat kivennäismaalla	Rakennetun ympäristön viherrakenne	270,233–355,667**	Sisältyy matalan kasvillisuuden taseeseen	Karvinen ym. (2024)
Pelto kivennäismaalla	Viljelysmaa	194,333	1,093	Yasso07, Tuomi ym. (2009)
Turvemaapelto	Viljelysmaa	1 712	28,967	hallitustenvälinen ilmastonmuutospaneeli (2014), Turunen ja Valpola (2020)
Rantakosteikko kivennäismaalla	Kosteikko	355,667	Ei laskettu	Yasso07, Tuomi ym. (2009), Karvinen ym. (2024)
Rantakosteikko tai suo (ojittamaton)	Kosteikko	1 168	Ei laskettu	Turunen ym. (2024), Minkkinen ja Laine (1998), hallitustenvälinen ilmastonmuutospaneeli (2014)
Rantakosteikko (ojitettu)	Kosteikko	1 712	20,9	Turunen ym. (2024), hallitustenvälinen ilmastonmuutospaneeli (2014)

* Hiilivarasto ja -tase vaihtelivat ravinteisuustason, ojitustilanteen ja turpeen paksuuden mukaan.

** Käytetty maaperän hiilivarasto riippui kohdeluokasta: liikennealueiden viheralueilla ja käyttöniityillä 270,233 tn CO_2/ha, muilla kohteilla 314,233–355,667 tn CO_2/ha.

7.4.1 Yasso07-mallinnuksen yleiset periaatteet

Kivennäismailla sijaitsevien metsien, viljelysmaiden ja avoimien viheralueiden maaperän hiilivarasto mallinnettiin Yasso07-mallilla, joka kuvaa orgaanisen aineksen hajoamista sääolosuhteiden ja maaperään tulevan hiilisyötteen perusteella. Metsien ja viljelysmaiden osalta mallinnuksella määritettiin myös maaperän hiilitase. Mallinnuksessa käytettiin Yasso07-mallia ja Tuomi ym. (2009) parametrejä. Mallinnus toteutettiin Luonnonvarakeskuksen ylläpitämällä selainsovelluksella.

Mallinnusta sovellettiin erityisesti metsien ja viljelysmaiden hiilitaseen laskentaan, koska näissä maankäyttöluokissa maaperän hiilenkiertoon vaikuttavat voimakkaasti vuosittain vaihtelevat maaperän hiilisyötteet ja alueelta poistettava

biomassa. Esimerkiksi hakkuut, luonnonpoistuma, satotasot ja sadonkorjuu muuttavat maaperään päätyvän orgaanisen aineksen määrää vuosittain. Avoimilla viheralueilla mallinnusta käytettiin maaperän hiilivaraston määrittämiseen, mutta hiilisyötteen oletettiin pysyvän pitkällä aikavälillä tasaisempana kuin metsissä ja viljelysmailla.

Maaperän hiilenkierron mallinnus perustui kolmeen lähtötietoon: hiilivaraston alkuarvoon, vuosittaiseen hiilisyötteeseen sekä säätietoihin. Hiilivaraston alkuarvo määritettiin ajamalla malli vakiotilaan käyttäen Helsinki–Vantaan mittausaseman keskimääräisiä sääoloja sekä tarkasteltavaa maankäyttömuotoa kuvaavaa keskimääräistä hiilisyötettä. Tämän jälkeen maaperän hiilenkiertoa mallinnettiin vuosittain tarkastelujakson hiilisyöte- ja säätietojen perusteella.

Ennen mallinnusta orgaaninen aines muunnettiin hiileksi ja edelleen Yasso07-mallin käyttämiin AWEN-hiiliyhdisteisiin, jotka kuvaavat aineksen kemiallista koostumusta ja hajoamisominaisuuksia. Mallinnuksen AWEN-jakaumat, ositeryhmät sekä hiilisyötteiden muodostamisen yksityiskohtaiset laskentavaiheet esitetään liitteissä 7E–7G.

Metsien, viljelysmaiden ja avoimien viheralueiden mallinnus noudatti samaa yleistä menettelyä, mutta hiilisyötteen muodostuminen poikkesi maankäyttöluokkien välillä. Metsissä hiilisyöte muodostui elävästä puustosta, hakkuutähteistä, luonnonpoistumasta, hukkapuusta ja aluskasvillisuudesta, viljelysmailla satokasveista ja lannasta sekä avoimilla viheralueilla niittykasvillisuudesta. Näiden lähtötietojen perusteella mallinnettiin maaperän hiilivarasto ja vuosittainen hiilitase tarkastelujakson aikana.

7.4.2 Metsien maaperä

Kivennäismailla sijaitsevien metsien maaperän hiilivarasto ja hiilitase määritettiin Yasso07-mallinnuksella käyttäen metsien maaperään päätyvää hiilisyötettä. Mallinnuksessa huomioitiin viisi hiilisyötteen lähdettä: elävä puusto, hakkuutähteet, luonnonpoistuma, hukkapuu ja aluskasvillisuus.

Hiilivaraston alkuarvon määrittämisessä käytettiin Helsinki–Vantaan mittausaseman keskimääräisiä säätietoja vuosilta 1990–2015 (Ilmatieteen laitos 1990–2024) sekä keskimääräistä hiilisyötettä vuosilta 2015–2020 (Luonnonvarakeskus 2014–2024a; Luonnonvarakeskus 2015–2024a–b; Luonnonvarakeskus 2021–2024; Suomen metsäkeskus 2015–2020). Varsinainen vuosittainen mallinnus tehtiin vuosien 2015–2024 hiilisyötteillä ja saman ajanjakson säätiedoilla (Ilmatieteen laitos 1990–2024; Luonnonvarakeskus 2014–2024a; Luonnonvarakeskus 2015–2024a–b; Luonnonvarakeskus 2021–2024; Suomen metsäkeskus 2015–2020).

Hiilisyötteen eri ositteiden tietojen muodostaminen mallinnusta varten toteutettiin seuraavasti:

1. Elävän puuston hiilisyöte perustui Suomen Metsäkeskuksen metsävarakuvioiden biomassatietoihin. Aineistossa puuston biomassa on jaettu rungon, oksien, kannon ja lehvästön ositteisiin. (Suomen metsäkeskus 2015–2020)

2. Hienojuurien määrä arvioitiin suhteessa lehvästön biomassaan samoilla suhdeluvuilla, joita käytetään Suomen kasvihuonekaasuinventaariossa (Luonnonvarakeskus 2025a).

3. Hakkuutähteiden, luonnonpoistuman ja hukkapuun määrät johdettiin metsätilastojen eli hakkuukertymätietojen ja puuston poistumaa kuvaavien tietojen perusteella (Luonnonvarakeskus 2014–2024a; Luonnonvarakeskus 2015–2024a–b; Luonnonvarakeskus 2021–2024)

4. Luonnonpoistuman lähtötasona käytettiin Ihalainen (2013) esittämää arvoa Etelä-Suomen keskimääräisestä luonnonpoistumasta, jota tarkennettiin kuolleen puuston tilavuuden muutosta kuvaavilla Luonnonvarakeskuksen (2009–2023) tilastoilla.

5. Aluskasvillisuuden hiilisyöte sisällytettiin mallinnukseen samalla biomassan arvolla kuin metsien matalan kasvillisuuden hiilivaraston laskennassa.

Metsien hiilisyöte jaettiin mallinnusta varten hienoon puuainekseen, karkeaan puuainekseen ja ei-puiseen ainekseen. Näin eri tavoin hajoavat biomassalähteet voitiin käsitellä mallinnuksessa erillisinä ositteina ja yhdistää lopuksi metsien kivennäismaiden maaperän kokonaisvarastoksi ja -taseeksi. Tarkemmat aineistojen käsittelyt, biomassamuunnokset, ositeryhmät, AWEN-jakaumat ja malliajojen tekniset lähtötiedot esitetään liitteissä 7E–7F.

Mallinnuksen perusteella kivennäismailla sijaitsevien metsien maaperän hiilivarasto pääkaupunkiseudulla vuonna 2024 oli 116,091 tn C/ha eli 425,667 tn CO_2/ha.

Vuosittainen hiilitase johdettiin vuosien 2015–2024 mallinnusaikasarjasta käyttäen tarkasteluvuoden ja sitä edeltävien neljän vuoden keskiarvoa. Kivennäismailla sijaitsevien metsien maaperän hiilitase pääkaupunkiseudulla vuosina 2023–

2024 oli 0,187 tn C/ha/v eli 0,687 tn CO_2/ha/v.

7.4.3 Avoimien viheralueiden maaperä

Kivennäismailla sijaitsevien avoimien viheralueiden kivennäismaiden maaperän hiilivarasto laskettiin Yasso07-mallilla. Laskennassa sovellettiin viljelysmaiden mallinnuksessa käytettäviä satokasvien lähtötietoja ja mallinnuksen valmistelun laskentakaavoja. Lähtötiedot ja laskentakaavat perustuvat Suomen kasvihuonekaasuinventaarioon (Tilastokeskus 2025). Niittykasvillisuuden maanpäällisen ja maanalaisen biomassan määrät oletettiin samansuuruisiksi kuin kesannolla olevalla pellolla eli 5 375 kg/ha ja 4 036 kg/ha.

Mallinnuksessa oletettiin, että niitto tehdään kerran vuodessa ja leikkuujäte jätetään alueelle. Tällöin hiilisyöte maaperään pysyy vuodesta toiseen vakiona. Malli ajettiin ensin vakiotilaan, minkä jälkeen mallinnettiin vuosikohtainen aikasarja vuosien 1999–2024 säätiedoilla.

Mallinnuksen perusteella avoimien viheralueiden kivennäismaiden maaperän hiilivarasto vuonna 2024 oli 96,728 tn C/ha eli 355,667 tn CO_2/ha.

Käyttöniityille sovellettiin liikennealueiden maaperän hiilivaraston arvoa 73,7 tn C/ha eli 270,233 tn CO_2/ha, koska käyttöniittyjen kasvillisuuden ja käytön katsottiin vastaavan laskennallisesti enemmän hoidettuja nurmikko- ja liikenneympäristöjä kuin varsinaisia niittyjä.

Kivennäismailla sijaitsevien avoimien viheralueiden maaperälle ei laskettu erillistä hiilitasearvoa, koska luokan hiilitase käsiteltiin kasvillisuuden ja maaperän hiilivirrat yhdistävänä nettoekosysteemitaseen arvona.

7.4.4 Rakennetun ympäristön viherrakenteiden maaperä

Rakennetun ympäristön viherrakenteiden kivennäismaiden maaperän hiilivarasto perustui Karvinen ym. (2024) tutkimuksessa mitattuihin maaperän hiilivarastoihin. Tutkimuksen tulosten mukaan kadunvarsien maaperän hiilivarasto on 73,7 tn C/ha eli 270,233 tn CO_2/ha ja puistojen maaperän hiilivarasto 85,7 tn C/ha eli 314,233 tn CO_2/ha.

Rakennetun ympäristön viherrakenteiden kivennäismaiden maaperälle ei laskettu erillistä hiilitasearvoa, koska nurmikoiden ja niittyjen tutkimustulokset kuvaavat kasvillisuuden ja maaperän yhteistä nettoekosysteemitasetta.

7.4.5 Viljelysmaiden maaperä

Kivennäismailla sijaitsevien viljelysmaiden maaperän hiilivarasto ja hiilitase määritettiin Yasso07-mallinnuksella käyttäen satokasveista ja lannasta muodostuvaa hiilisyötettä. Viljelysmaiden laskennassa olennaista oli vuosittain vaihtelevan kasvintuotannon, viljelykasvien jakauman ja lannan hiilisyötteen huomioiminen.

Hiilivaraston alkuarvon määrittämisessä käytettiin Helsinki–Vantaan mittausaseman keskimääräisiä säätietoja vuosilta 1990–2015 (Ilmatieteen laitos 1990–2024) sekä keskimääräistä hiilisyötettä vuosilta 1999–2005 (Luonnonvarakeskus, 1999–2024; Luonnonvarakeskus, 2014–2024b). Varsinainen vuosittainen mallinnus tehtiin vuosille 1999–2024 käyttäen vuosittain vaihtuvia hiilisyötteitä sekä Helsinki–Vantaan sääaseman vuosittaisia keskilämpötila- ja sademäärätietoja (Ilmatieteen laitos 1990–2024; Luonnonvarakeskus, 1999–2024; Luonnonvarakeskus, 2014–2024b).

Satokasvien hiilisyöte määritettiin Luonnonvarakeskuksen satotilastojen (1999–2024) perusteella Uudenmaan maakunnan tasolla. Viljelykasvien pinta-alat johdettiin Suomen ympäristökeskuksen (2021) Maatalousmaa 2021 -aineistosta. Laskennassa huomioitiin viljelykasvikohtaiset sadot, viljelyalat, biomassakertoimet, juuren ja verson väliset suhteet, juuriston vaihtuvuusasteet sekä korjuuindeksit Tilastokeskuksen (2025) Suomen kasvihuonekaasuinventaarion menetelmäkuvauksen mukaisesti.

Lannan hiilisyöte laskettiin eläinmäärätilastojen ja eläinryhmäkohtaisten lannantuottokertoimien perusteella. Tuotantoeläinten määrätiedot saatiin Luonnonvarakeskuksen (2014–2024b) kotieläintilastoista ja hevosten lukumäärätiedot Hevosalan osaamiskeskus ry ym. (2024) tilastoista. Eläinmäärät muunnettiin vuosittaisiksi lantamääriksi Yhdistyneiden kansakuntien (2024) eläinryhmäkohtaisia lannantuottokertoimia käyttäen. Lannasta muodostuva hiilisyöte kohdennettiin koko pääkaupunkiseudun viljelysmaalle keskimääräisenä hehtaarikohtaisena hiilisyötteenä.

Satokasveista ja lannasta muodostetut hiilisyötteet yhdistettiin vuosittaiseksi kokonaishiilisyötteeksi. Yksityiskohtaiset satokasvikohtaiset laskentaperusteet, lannan hiilisyötteen muodostaminen, biomassakertoimet, hiilipitoisuusarvot, AWEN-jakaumat ja malliajojen tekniset lähtötiedot esitetään liitteessä 7G.

Mallinnuksen perusteella kivennäismailla sijaitsevien viljelysmaiden maaperän hiilivarasto vuonna 2024 oli 53 tn C/ha eli 194,333 tn CO_2/ha.

Viljelysmaiden hiilitase johdettiin vuosien 1999–2024 mallinnusaikasarjasta, jossa huomioitiin vuosittain vaihtelevat satokasvien hiilisyötteet, lannasta muodostuva hiilisyöte sekä vuosittaiset sääolosuhteet. Kivennäismailla sijaitsevien

viljelysmaiden maaperän hiilitase vuosina 2023–2024 oli 0,298 tn C/ha/v eli 1,093 tn CO_2/ha/v.

7.4.6 Kosteikkojen maaperä

Kosteikkojen maaperän laskenta määriteltiin kosteikkotyypin, maaperäluokan ja ojitustilanteen perusteella. Kivennäismailla sijaitsevat kosteikot koostuivat tässä selvityksessä rantakosteikoista. Turvemailla sijaitsevat kosteikot sisälsivät sekä suoalueita että rantakosteikkoja.

Kivennäismailla sijaitsevien rantakosteikkojen maaperän hiilivarastona käytettiin avoimien viheralueiden kivennäismaiden maaperän hiilivarastoarvoa 355,667 tn CO_2/ha, koska rantakosteikkojen kivennäismaiden maaperälle ei ollut käytettävissä koko pääkaupunkiseudun alueelliseen laskentaan soveltuvaa erillistä hiilivarastoarvoa. Tämän vuoksi niille sovellettiin avoimien viheralueiden kivennäismaiden maaperän arvoa, jonka arvioitiin vastaavan rantakosteikkojen kasvullista ja avointa maaperää paremmin kuin rakennetun ympäristön tai metsämaan arvot.

Kivennäismailla sijaitseville rantakosteikoille ei laskettu maaperän hiilitasetta rantakosteikkojen hiilenkiertoon liittyvän epävarmuuden vuoksi.

7.4.7 Turvemaiden maaperän laskentamenetelmät

Turvemaiden maaperän hiilivarastojen ja -taseiden laskennassa käytettiin eri menetelmiä kuin kivennäismailla. Turvemaiden hiilivarasto ja hiilenkierto määräytyvät ensisijaisesti turpeen paksuuden, kuiva-ainetiheyden, hiilipitoisuuden, ravinteisuustason ja ojitustilanteen perusteella. Alueiden vesitaloutta ei voitu ojitustilanteen huomiointia tarkemmin määritellä tässä selvityksessä.

Turvemaiden hiilivaraston laskenta perustui Geologian tutkimuskeskuksen aineistoihin, tutkimuskirjallisuudessa raportoituihin turpeen ominaisuuksiin sekä pääkaupunkiseudulle johdettuihin turpeen paksuusarvoihin. Ravinteisuustaso ja ojitustilanne määritettiin Geologian tutkimuskeskuksen Soiden ja turvemaiden ravinteisuustaso -aineiston perusteella. Turpeen paksuus määriteltiin Geologian tutkimuskeskuksen tutkittujen turvealueiden, Turvemaiden alueellinen hiilivarasto -aineiston sekä Maastotietokannan perusteella.

Turpeen kuiva-ainetiheyden ja hiilipitoisuuden arvot johdettiin ensisijaisesti Turunen ym. (2024) tutkimuksesta. Mikäli vastaavaa ravinteisuus- tai ojitustilannetta ei ollut käytettävissä, arvoja täydennettiin Minkkisen ja Laineen (1998) raportoimilla turvemaiden keskimääräisillä arvoilla. Turpeen kuiva-ainetiheyden ja hiilipitoisuuden oletettiin laskennassa pysyvän samana turvekerroksen paksuudesta riippumatta.

Turpeen paksuusarvojen suuruusluokka tarkistettiin vertaamalla laskettua kokonaisvarastoa Geologian tutkimuskeskuksen (2024) Turvemaiden alueellinen hiilivarasto -aineistoon. Geologian tutkimuskeskuksen aineiston mukaan pääkaupunkiseudun turvemaiden maaperän kokonaishiilivarasto oli aineiston tuotantoajankohtana noin 1 875 000 tonnia hiiltä. Turvemaiden pinta-ala oli Geologian tutkimuskeskuksen Soiden ja turvemaiden ravinteisuustaso -aineiston ja Maanmittauslaitoksen Maastotietokannan perusteella noin 3 250 hehtaaria. Lisäksi Geologian tutkimuskeskuksen karttapalvelusta ja tutkittujen turvealueiden aineistoista saatiin noin 60 suon keskimääräiset turpeen paksuudet ja pinta-alat pääkaupunkiseudulla. Soistumaksi määriteltyjen alueiden turpeen paksuuden määritettiin olevan Maanmittauslaitoksen (2025) Maastotietokannan tietokuvauksen mukaisesti alle 30 cm.

Niille turvemaille, joiden turpeen paksuutta ei tunnettu, määritettiin turpeen paksuuden arvot suhteessa pääkaupunkiseudun turvemaiden kokonaishiilivarastoon ja pinta-alaan. Tässä selvityksessä suoalueille käytettiin 200 cm ja muille turvemaille 100 cm paksuusoletusta. Näillä oletuksilla pääkaupunkiseudun turvemaille laskettu kokonaishiilivarasto vastasi suuruusluokaltaan Geologian tutkimuskeskuksen Turvemaiden alueellinen hiilivarasto -aineiston arvoa.

Taulukko 7-8. Turvemaiden hiilivaraston laskennassa käytetyt turpeen paksuudet ja niiden tietolähteet.

Turvemaiden luokka	Turpeen paksuus	Tietolähde
tutkitut turvealueet	50–360 cm*	Tutkitut turvealueet, Geologian tutkimuskeskus
suo	200 cm	oletus
muut turvemaat	100 cm	oletus
soistuma	30 cm	Maastotietokanta, Maanmittauslaitos

* Jokaiselle tutkitulle turvealueelle käytettiin tarkkaa arvoa, mikäli se oli tiedossa.

Turvemaiden hiilitase määritettiin maankäyttöluokan ja ojitustilanteen perusteella. Ojitetuille turvemaametsille käytettiin Luonnonvarakeskuksen Uudellemaalle laskemia ravinteisuustason mukaisia maaperän hiilitasearvoja. Turvemaaniityille,

turvemaapelloille ja ojitetuille rantakosteikoille sovellettiin hallitustenvälisen ilmastonmuutospaneelin (2014) boreaalisen vyöhykkeen orgaanisten maiden oletusarvoja. Ojittamattomille turvemaille ei laskettu erillistä maaperän hiilitasetta.

Turvemaiden hiilivarastojen ravinteisuustason, ojitustilanteen ja turpeen paksuuden mukaiset laskenta-arvot esitetään liitteessä 7H.

Turvekankaiden maaperä

Turvemailla sijaitsevat metsät käsiteltiin turvekankaina. Turvekankaiden hiilivarasto vaihteli 1 033–2 332 tn CO_2/ha/m. Vaihtelu johtui ravinteisuustason, ojitustilanteen ja turpeen paksuuden eroista.

Turvekankaiden hiilenkierto muuttuu oleellisesti verrattuna suoalueeseen, kun turve pääsee kosketuksiin hapen kanssa vedenpinnan laskun seurauksena. Ojittamattomille turvemaametsille ei laskettu maaperän hiilitasetta.

Laskennallisesti turvekankaiden maaperän hiilitase riippuu ravinteisuustasosta. Tässä selvityksessä käytettiin Luonnonvarakeskuksen Uudellemaalle laskemia alueellisia maaperän hiilitasearvoja (2025b), jotka perustuvat Suomen kasvihuonekaasuinventaariossakin hyödynnettyihin menetelmiin (Alm ym. 2023).

Uudenmaan ojitettujen turvemaiden maaperän hiilitasearvot olivat:

- ruohoturvekangas: 1,83 tn C/ha/v eli 6,694 tn CO_2/ha/v
- mustikkaturvekangas: 2,58 tn C/ha/v eli 9,469 tn CO_2/ha/v
- puolukkaturvekangas: 1,03 tn C/ha/v eli 3,762 tn CO_2/ha/v
- varputurvekangas: 1,99 tn C/ha/v eli 7,282 tn CO_2/ha/v
- jäkäläturvekangas: 2,18 tn C/ha/v eli 7,983 tn CO_2/ha/v

Turvemaaniittyjen maaperä

Turvemailla sijaitsevat avoimet viheralueet, rakennetun ympäristön viherrakenteet ja ojitetut rantakosteikot käsiteltiin turvemaaniittyinä.

Hiilivarastot laskettiin turpeen 100 cm paksuuden oletuksella erikseen ojitetuille ja ojittamattomille turvemaaniityille. Ojittamattomien turvemaiden hiilivarastona käytettiin 318 tn C/ha eli 1 168 tn CO_2/ha ja ojitettujen turvemaiden hiilivarastona 467 tn C/ha eli 1 712 tn CO_2/ha.

Ojitettujen turvemaaniittyjen hiilitaseessa käytettiin hallitustenvälisen ilmastonmuutospaneelin (2014) boreaalisen vyöhykkeen ihmistoiminnan alaisten orgaanisten ruohomaiden oletusarvoa 5,7 tn C/ha/v eli 20,9 tn CO_2/ha/v. Koska arvo kuvaa päästölähdettä, se kirjattiin maaperän hiilitaseeseen. Ohjeistuksen perusteella ojittamattomien turvemaaniittyjen maaperälle ei laskettu erillistä hiilitasearvoa.

Turvemaapeltojen maaperä

Turvemailla sijaitsevat viljelysmaat käsiteltiin turvemaapeltoina. Turvemaapeltojen matalan kasvillisuuden hiilivarastot määritettiin kuten kivennäismailla biomassan ja hiilipitoisuuden avulla.

Turvemaapeltojen hiilivarastona käytettiin pääkaupunkiseudun ojitettujen turvemaiden keskimääräistä hiilivarastoa metrin paksuisessa turpeessa, 467 tn C/ha eli 1 712 tn CO_2/ha. Arvon suuruusluokkaa verrattiin Turusen ja Valpolan (2020) esittämiin Suomen viljeltyjen turvemaiden tietoihin. Todettiin, että arvo on oikeansuuntainen, kun huomioidaan turvekerroksen vuosittainen ohentuminen viljelyn seurauksena.

Turvemaapeltojen maaperän hiilitaseen laskennassa käytettiin hallitustenvälisen ilmastonmuutospaneelin (2014) boreaalisen vyöhykkeen viljelyskäytössä olevien orgaanisten maiden nettoekosysteemitaseen arvoa 7,9 tn C/ha/v eli 28,967 tn CO_2/ha/v. Arvo kirjattiin maaperän hiilitaseeseen.

Rantakosteikkojen ja suoalueiden maaperä

Turvemailla sijaitsevat kosteikot käsiteltiin rantakosteikkoina ja suoalueina. Suoalueet sisälsivät tässä selvityksessä poikkeuksetta vain ojittamattomia turvemaita.

Ojittamattomien rantakosteikkojen ja suoalueiden hiilivarastona käytettiin 318 tn C/ha/m eli 1 168 tn CO_2/ha/m, ellei ravinteisuustason ja turpeen paksuuden perusteella sovellettu tarkempaa arvoa. Ojitetuille turvemaiden rantakosteikoille käytettiin ojitettujen turvemaiden keskimääräistä hiilivarastoarvoa metrin paksuisessa turpeessa, 467 tn C/ha eli 1 712 tn CO_2/ha.

Ojitetut turvemaiden rantakosteikot käsiteltiin hiilitaseeltaan kuten turvemaaniityt. Niille sovellettiin hallitustenvälisen ilmastonmuutospaneelin (2014) boreaalisen vyöhykkeen ihmistoiminnan alaisten orgaanisten ruohomaiden

nettoekosysteemitaseen oletusarvoa 5,7 tn C/ha/v eli 20,9 tn CO_2/ha/v. Ohjeistuksen perusteella ojittamattomien turvemaiden rantakosteikoille ja suoalueille ei laskettu maaperän hiilitasetta.

7.4.8 Epävarmuudet maaperän laskentamenetelmissä

Maaperän hiilivarasto- ja hiilitasearvoihin liittyi epävarmuutta erityisesti hiilisyötteiden määrittämisessä, turvemaiden ominaisuuksien yleistämisessä sekä kirjallisuudesta johdettujen arvojen soveltamisessa pääkaupunkiseudun olosuhteisiin.

Yasso-mallinnukseen liittyvä epävarmuus johtui erityisesti hiilisyötteen arvojen määrittämisestä. Metsissä epävarmuutta aiheuttivat metsävarakuvioiden kattavuuden muutokset, hakkuutähteiden, luonnonpoistuman ja hukkapuun arviointi sekä oletus siitä, että osa kuolleesta puustosta jäi maahan. Viljelysmailla epävarmuutta aiheuttivat vuosittain vaihtelevat satotasot, viljelykasvien jakauma, lannan alueellinen kohdentaminen sekä käytetyt biomassakertoimet.

Turvemaiden hiilivarastoihin liittyi epävarmuutta erityisesti turpeen paksuuden määrittämisessä. Kaikilta turvemailta ei ollut käytettävissä kohdekohtaista paksuustietoa, minkä vuoksi osalle alueista käytettiin turpeen paksuuden oletuksia. Lisäksi turpeen kuiva-ainetiheyden ja hiilipitoisuuden oletettiin pysyvän vakiona turvekerroksen paksuudesta riippumatta.

Turvemaiden hiilitaseissa epävarmuutta aiheutti alueellisten ja kansainvälisten oletusarvojen soveltaminen paikalliseen kaupunkiympäristöön. Ojitettujen turvemaiden, turvemaaniittyjen ja turvemaapeltojen päästöarvot perustuivat Luonnonvarakeskuksen alueellisiin laskelmiin tai hallitustenvälisen ilmastonmuutospaneelin oletusarvoihin, eivät kohdekohtaisiin mittauksiin.

Rakennetun ympäristön viherrakenteiden ja rantakosteikkojen maaperäarvoihin liittyi epävarmuutta, koska ne perustuvat rajalliseen määrään tutkimustuloksia ja yleistettyihin maankäyttöluokkiin. Rantakosteikoissa epävarmuus on erityisen suuri, koska hiilenkiertoon vaikuttavat vedenpinnan vaihtelu, kasvillisuusvyöhykkeet ja paikalliset olosuhteet. Tuloksia tulee tämän vuoksi tarkastella pääkaupunkiseudun mittakaavassa laadittuina alueellisina arvoina eikä yksittäisten kohteiden tarkkoina maaperämittauksina.

7.4.9 Vaiheen lopputulos

Menettelyn tuloksena jokaiselle laskentaluokalle saatiin määritettyä maaperän hehtaarikohtainen hiilivarasto sekä vuosittainen hiilitase tai vaihtoehtoisesti tieto siitä, ettei kyseiselle maankäyttö- ja maaperäluokalle määritetty erillistä maaperän hiilitasetta. Näitä arvoja käytettiin myöhemmässä vaiheessa kohdekohtaisten maaperän hiilivarastojen ja hiilitaseiden laskennassa sekä tulosten yhdistämisessä puuston ja matalan kasvillisuuden laskentatuloksiin.

Maaperän laskenta muodosti siten yhden kolmesta hiilitaseselvityksen keskeisestä laskennan osatekijästä puuston ja matalan kasvillisuuden rinnalla. Tulokset kohdennettiin lopulliseen paikkatietomuotoiseen hiilitaseaineistoon pääosin kohteiden maankäyttö- ja maaperäluokan sekä pinta-alan perusteella. Lisäksi kohdentamisessa hyödynnettiin turvemaiden osalta ravinteisuustasoa, ojitustilannetta ja turpeen paksuustietoa.

8 Laskennan tulosten kohdentaminen määriteltyyn paikkatietoaineistoon

Luokittelujen, määrittelyjen sekä puuston, matalan kasvillisuuden ja maaperän laskentamenetelmien soveltamisen jälkeen laskentatulokset yhdistettiin yhtenäiseksi paikkatietoaineistoksi. Vaiheen tavoitteena oli tuottaa koko pääkaupunkiseudulle kohdekohtainen tulosaineisto, jossa jokaiselle laskettavalle alueelle oli määritetty hiilivarasto, hiilitase sekä niiden laskentaperusteita kuvaavat tiedot.

8.1 Laskennan tulosten kohdentaminen

Puuston hiilivarasto- ja hiilitasetulosten kohdentamiseksi lopullisiin laskentakohteisiin Helsingin seudun maanpeiteaineiston puuston ja paljaan maan polygonit kirjoitettiin erilliseen aineistoon yksilöivällä tunnisteella. Tunnisteen perusteella polygoneihin liitettiin puustolaskennassa muodostetut hiilivarasto- ja hiilitasetiedot. Tulokset tallennettiin taulukkomuotoiseen aineistoon, josta ne yhdistettiin takaisin lopullisiin paikkatietokohteisiin.

Maaperän ja matalan kasvillisuuden hiilivarasto- ja hiilitasetulokset laskettiin suoraan lopullisille laskentakohteille aiemmissa vaiheissa määritettyjen laskentaluokkien, maaperäluokkien ja pinta-alatietojen perusteella. Kullekin kohteelle määritettiin sekä hehtaarikohtaiset arvot että kohteen pinta-alaan perustuvat kokonaisarvot.

Lopuksi puuston, matalan kasvillisuuden ja maaperän tulokset yhdistettiin samaan paikkatietoaineistoon. Näin jokaiselle kohteelle muodostui yhtenäinen tietosisältö, joka sisälsi maankäyttö- ja maaperäluokitukset sekä kaikki hiilivarasto- ja hiilitasekomponentit.

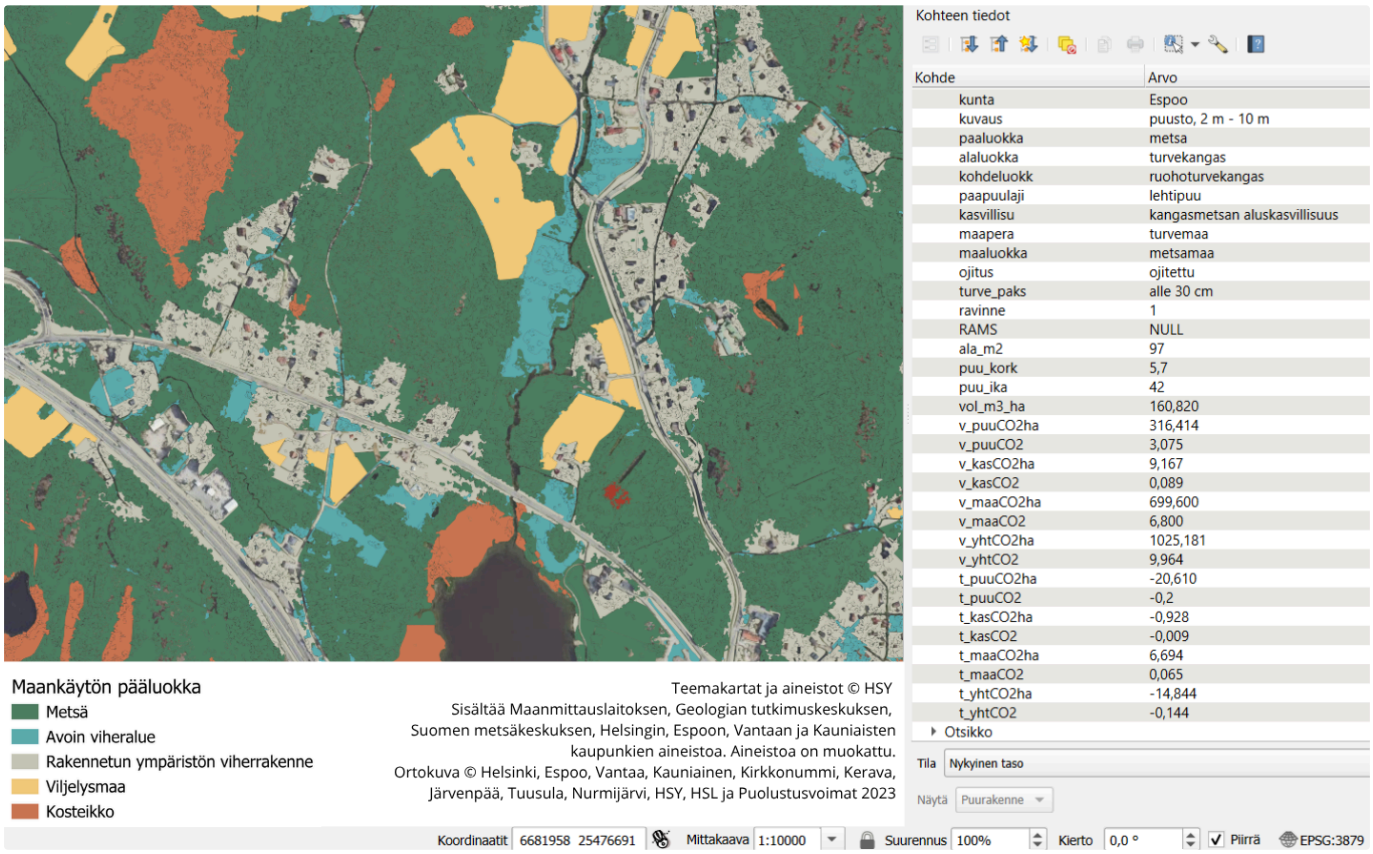
8.2 Vaiheen lopputulos

Vaiheen tuloksena muodostettiin kaupunkikohtaiset paikkatietoaineistot, jotka sisälsivät kaikki hiilitaseselvityksen laskentatulokset kohdekohtaisina tietoina. Aineistot kattoivat Helsingin, Espoon, Vantaan ja Kauniaisten alueet sekä mahdollistivat tulosten tarkastelun yksittäisten kohteiden, maankäyttöluokkien ja kuntien tasolla.

Aineistossa oli yhteensä noin 2,4 miljoonaa paikkatietokohdetta. Aineistosta poistettiin rakennettua paljasta maata kuvaavat kohteet, joille ei tässä selvityksessä määritetty hiilivarastoja tai hiilitaseita. Tämän jälkeen lopullinen tulosaineisto sisälsi noin 2,3 miljoonaa laskettua kohdetta, joille oli määritetty puuston, matalan kasvillisuuden ja maaperän hiilivarastot sekä hiilitaseet.

Menettelyn tuloksena muodostui lopullinen paikkatietomuotoinen *Pääkaupunkiseudun hiilitase 2023–2024 -tulosaineisto*, joka kuvaa alueiden hiilivarastoja ja hiilitaseita ennen maankäytön muutosten huomioimista. Aineistoa hyödynnettiin

hiilivarasto- ja hiilitasetulosten tarkastelussa, yhteenvetojen tuottamisessa sekä seuraavassa luvussa kuvattavassa maankäytön muutoksen hiilitaselaskennassa.



Kuva 8-1. Esimerkkikuva laskennan tulosten kohdentamisesta määriteltyyn paikkatietoaineistoon Vanha-Nuuksion alueelta Espoosta. Tietosisältö kattoi nyt hiilivarastojen ja hiilitaseiden arvot absoluuttisina ja suhteellisina lukuina. Lisäksi kohteiden luokittelutiedot olivat nyt lopulliset.

9 Maankäytön muutoksen hiilitaselaskennan menetelmä

Maankäytön muutoksen analyysin tavoitteena oli erottaa ja laskea rakennetun ympäristön laajenemisen vaikutus maankäyttösektorin kokonaishiilitaseeseen. Tässä menetelmäkuvauksessa rakennetulla ympäristöllä tarkoitetaan rakennuksia, vettä läpäisemättömiä pintoja, päällystettyjä ja päällystämättömiä teitä sekä rakennettuja paljaan maan alueita.

Hiilitaselaskennan pääprosessissa hiilitase määritettiin olemassa oleville kasvullisille alueille ja niille määritetyille maankäyttöluokille. Maankäytön muutoksen hiilitaselaskennan menetelmässä puolestaan tarkasteltiin alueita, joiden maankäyttö oli muuttunut tarkastelujakson aikana. Menetelmän avulla laskettiin puuston, matalan kasvillisuuden ja maaperän rakentamisen seurauksena menetetty hiilivarasto tilanteissa, joissa kasvullinen alue muuttuu rakennetuksi ympäristöksi.

Menetelmä perustui Helsingin seudun ympäristöpalveluiden (2022 ja 2024) Helsingin seudun maanpeiteaineistojen vuosien 2022 ja 2024 tilanteiden vertailuun. Menetelmän avulla tunnistettiin tarkastelujakson aikana tapahtuneet maankäytön muutokset, joissa kasvullinen alue oli korvautunut rakennetulla ympäristöllä. Havaituille muutosalueille määritettiin rakentamista edeltäneet hiilivarastot, joiden väheneminen muunnettiin vuosittaiseksi hiilitasevaikutukseksi jakamalla kahden vuoden tarkastelujakson aikana tapahtunut rakentamisen seurauksena menetetty hiilivarasto kahdella.

Muutosalueiden laskenta perustui maankäytöltään muuttuneiden alueiden pinta-alaan, vuoden 2022 maanpeitteeseen sekä hiilitaselaskennan pääprosessissa määritettyihin hiilivarastoarvoihin. Rakentamisen seurauksena menetetty hiilivarasto laskettiin puuston korkeusluokkien, matalan kasvillisuuden sekä maaperän hiilivarastojen perusteella. Maaperän hiilivarastojen laskennassa kivennäismaat ja turvemaat käsiteltiin erillisinä luokkina.

Menetelmän tavoitteena oli tuottaa tulos maankäytön muutosten aiheuttamasta hiilivaraston vähenemisestä ja sen vaikutuksesta alueen kokonaishiilitaseeseen. Menettely mahdollistaa maankäytön muutosten vaikutusten tarkastelun erillään muista maankäyttösektorin hiilitaseeseen vaikuttavista tekijöistä myös tilanteissa, joissa laskentamenetelmät tai lähtöaineistot tulevaisuudessa tarkentuvat.

Menetelmä toteutettiin kahdessa vaiheessa. Ensin tunnistettiin tarkastelujaksolla tapahtuneet maankäytön muutokset vertaamalla vuosien 2022 ja 2024 maanpeiteaineistoja. Tämän jälkeen tunnistetuille muutosalueille määritettiin rakentamista edeltänyt hiilivarasto ja laskettiin maankäytön muutoksesta aiheutuva hiilitasevaikutus.

9.1 Maankäytön muutoksen tunnistaminen ja rajaus

Maankäytön muutosten tunnistamisessa keskeistä oli erottaa todelliset muutokset näennäisistä muutoksista. Maanpeiteaineistojen vertailussa voi syntyä näennäisiä muutoksia esimerkiksi ilmakuvien kuvauskulmista, varjoista, tulkintamenetelmien muutoksista tai muista aineistoteknisistä tekijöistä johtuen. Tämän vuoksi analyysiin määritettiin kynnysarvoja, joiden avulla vähennettiin virheellisten muutostulkintojen määrää verrattuna tilanteeseen, jossa aineistojen välisiä eroja tarkasteltaisiin sellaisenaan.

Menetelmä perustui oletukseen, että uudet rakennukset, tiet ja muut vettä läpäisemättömät pinnat edustavat todellista maankäytön muutosta silloin, kun ne sijoittuvat vuoden 2022 kasvullisille alueille. Rakennettu ympäristö tulkittiin siten kasvullisten alueiden korvaavaksi maankäytöksi.

Menetelmän aluerajauksella vältettiin myös kaksoislaskenta suhteessa puuston hiilitaseen laskentaan. Puuston poistuminen voi johtua joko metsänkäsittelystä tai maankäytön muutoksesta. Koska metsätalouskäytön aiheuttamat puuston muutokset huomioitiin puuston hiilitaseen laskennassa, maankäytön muutosanalyysiin sisällytettiin ainoastaan

sellaiset alueet, joita ei ollut huomioitu puuston muutosten laskennassa. Näin sama puuston poistuma ei tullut lasketuksi kahteen kertaan.

9.1.1 Kasvullisten alueiden lähtöpinta-alan muodostaminen

Vuoden 2022 maanpeiteaineistosta rajattiin tarkasteltavaksi kasvulliset alueet. Tarkastelun ulkopuolelle rajattiin vuoden 2022 rakennukset, vettä läpäisemättömät pinnat, päällystetyt ja päällystämättömät tiet sekä paljaan maan alueet. Jäljelle jäänyt alue muodosti lähtötilanteen, jolta mahdolliset maankäytön muutokset tunnistettiin.

9.1.2 Kynnysarvojen määrittäminen

Todellisten maankäytön muutosten tunnistaminen perustui sääntöpohjaiseen analyysiin, jossa tarkasteltiin uusien rakennusten, liikennealueiden ja muiden vettä läpäisemättömien pintojen sijoittumista vuoden 2022 kasvullisille alueille. Asemakaavoitettujen ja asuttujen alueiden osalta hyödynnettiin Suomen ympäristökeskuksen (2025a–b) Asemakaavoitettu alue ja Asuinalueet -aineistoja. Muutosalue hyväksyttiin analyysiin, mikäli vähintään yksi seuraavista ehdoista täyttyi:

- uuden rakennuksen tuli peittää vähintään 10 m² vuoden 2022 kasvullisten alueiden pinta-alaa
- uuden vettä läpäisemättömän pinnan tuli peittää yli 1 000 m² vuoden 2022 kasvullisten alueiden pinta-alaa
- uusien teiden tuli peittää vähintään 100 m² vuoden 2022 kasvullisten alueiden pinta-alaa ja niiden leveyden tuli olla vähintään 3 metriä asemakaavoitetulla tai asutulla alueella
- uusien vettä läpäisemättömien pintojen tai paljaan maan alueiden tuli peittää vähintään 100 m² puustoista aluetta enintään 500 metrin etäisyydellä asemakaavoitetusta tai asutusta alueesta

Kynnysarvojen tarkoituksena oli tunnistaa rakentamisesta aiheutuneet todelliset maankäytön muutokset sekä rajata pois aineistojen tulkintaeroista aiheutuvia virheellisiä muutoshavaintoja. Arvot määritettiin aineistojen testauksen perusteella siten, että ne poistivat tehokkaasti näennäisiä muutoksia säilyttäen samalla rakentamisesta aiheutuneet merkittävät maankäytön muutokset.

9.1.3 Muutosalueiden muodostaminen

Kun jokin määritetyistä säännöistä täyttyi, alue tulkittiin maankäytöltään muuttuneeksi. Tämän jälkeen muutosalueisiin liitettiin myös muutoksen yhteydessä syntyneet ympäröivät vettä läpäisemättömät pinnat ja paljaan maan alueet, jotta rakentamisen koko vaikutusalue saatiin mukaan tarkasteluun. Lopulliseen tarkasteluun hyväksyttiin vain yli sadan neliömetrin suuruiset yhtenäiset muutosalueet. Hyväksytyt alueet yhdistettiin lopuksi yhdeksi paikkatietoaineistoksi jatkolaskentaa varten.

9.1.4 Muutosalueiden laadunvarmistus

Automaattisen muutostulkinnan tuottamat muutosalueet tarkastettiin laadunvarmistusvaiheessa visuaalisesti vertaamalla vuoden 2021 ja 2023 ortoilmakuvia sekä menetelmän soveltamisen avulla tunnistettuja muutosalueita toisiinsa. Tarkastuksen tavoitteena oli varmistaa, että analyysiin sisältyvät kohteet edustavat todellisia maankäytön muutoksia eivätkä esimerkiksi ilmakuvatulkinnasta, varjoista, kuvausolosuhteista tai aineistojen käsittelyeroista johtuvia näennäisiä muutoksia.

Vaikka analyysissä käytetyt kynnysarvot poistivat tehokkaasti suurimman osan virheellisistä muutostulkinnoista, tunnistettiin aineistosta edelleen yksittäisiä virhekohteita. Näihin sisältyi muun muassa alueita, joilla maanpeiteaineiston luokkamuutos ei ilmakuvatarkastelun perusteella vastannut todellista maankäytön muutosta.

Tulosten perusteella todettiin, että menetelmä tuottaa luotettavan lähtökohdan maankäytön muutosten tunnistamiseen, mutta asiantuntijan tekemä visuaalinen tarkastus on edelleen tärkeä osa analyysia. Sama laadunvarmistusmenettely on suositeltavaa toteuttaa myös tulevissa seurantalaskennoissa.

9.1.5 Epävarmuudet maankäytön muutoksen tunnistamisessa

Maankäytön muutosten tunnistamiseen liittyvät epävarmuudet aiheutuvat ensisijaisesti maanpeiteaineistojen luokittelutarkkuudesta sekä eri vuosien aineistojen välisistä tulkintaeroista. Vaikka automaattisen muutostulkinnan

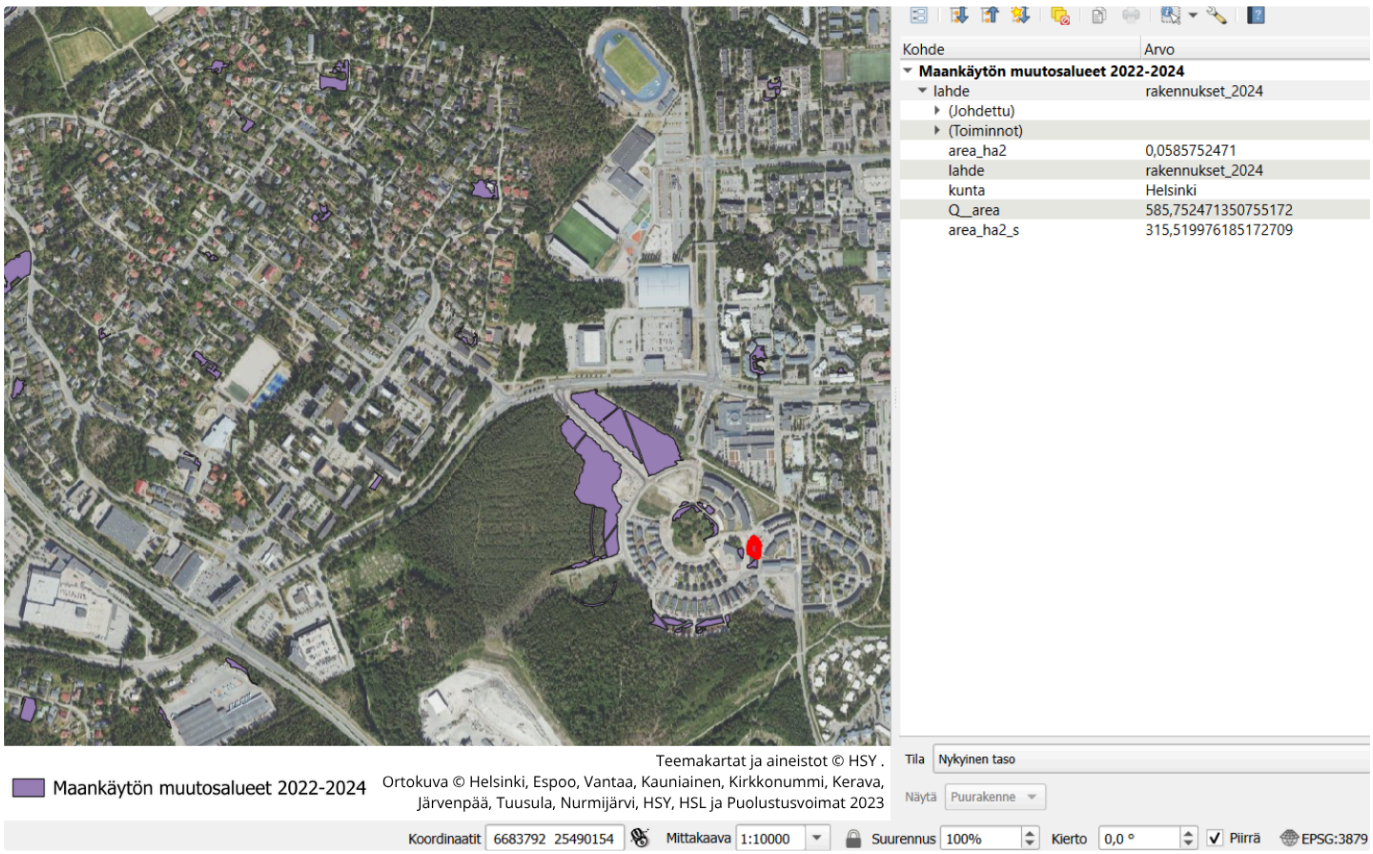
tulokset tarkastettiin visuaalisesti ortoilmakuvien avulla, yksittäisiä virheellisiä tai tulkinnanvaraisia kohteita voi edelleen jäädä aineistoon.

Epävarmuuksia esiintyy erityisesti pienialaisilla muutoskohteilla sekä alueilla, joilla kasvillisuuden rakenne on muuttunut ilman varsinaista maankäytön muutosta. Vaikutuksen arvioidaan kohdistuvan ensisijaisesti yksittäisiin muutosalueisiin, eikä sen arvioida merkittävästi muuttavan koko pääkaupunkiseudun tasolla muodostettuja tuloksia.

9.1.6 Vaiheen lopputulos

Vaiheen tuloksena muodostettiin paikkatietoaineisto, joka sisälsi kaikki vuosien 2022–2024 aikana tunnistetut kasvullisilta alueilta rakennetuksi ympäristöksi muuttuneet alueet. Aineistossa jokaiselle muutosalueelle oli määritetty sen sijainti ja pinta-ala, mutta sille ei ollut vielä laskettu maankäytön muutoksesta aiheutuvia hiilitasevaikutuksia.

Muodostettu muutosalueaineisto toimi lähtöaineistona seuraavassa vaiheessa toteutetulle maankäytön muutoksen hiilitaselaskennalle. Tällöin muutosalueisiin yhdistettiin rakentamista edeltäneet puuston, matalan kasvillisuuden ja maaperän hiilivarastot sekä määritettiin maankäytön muutoksista aiheutuva vuosittainen hiilitasevaikutus.



Kuva 9-1. Esimerkkikuva maankäytön muutoksen tunnistamisen tuloksena muodostetusta paikkatietoaineistosta Helsingin Honkasuon alueelta. Alueet olivat vaiheen tuloksena tunnistettu uudeksi rakennetuksi ympäristöksi.

9.2 Maankäytön muutoksen hiilitaselaskenta

Muutosalueiden hiilitaselaskennan tavoitteena oli määrittää rakentamisen seurauksena menetetyn hiilivaraston määrä sekä laskea sen vaikutus pääkaupunkiseudun vuosittaiseen hiilitaseeseen. Laskenta perustui rakentamista edeltäneeseen maanpeitteeseen, maaperätyyppiin sekä hiilitaselaskennan pääprosessissa määritettyihin puuston, matalan kasvillisuuden ja maaperän hiilivarastoihin. Menettelyn avulla voitiin erottaa, kuinka suuri osa maankäytön muutosten vaikutuksesta aiheutuu kasvillisuuden poistumisesta ja kuinka suuri osa maaperän hiilivaraston vähenemisestä.

9.2.1 Lähtötilanteen maanpeitteen ja maaperän määrittäminen

Muutosalueiden ja vuoden 2022 maanpeiteaineiston alueleikkauksen avulla tunnistettiin maankäytön muutosta edeltänyt maanpeite. Vuoden 2022 aineistoa käytettiin lähtötilanteena, koska tavoitteena oli määrittää rakentamista edeltäneen hiilivaraston määrä niillä alueilla, joille rakentamista oli sijoittunut vuosien 2022–2024 aikana. Menettelyn avulla voitiin

tunnistaa alueilla sijainneet puuston korkeusluokat, avoimen matalan kasvillisuuden alueet, pellot sekä muut kasvullisten alueiden maanpeiteluokat ennen maankäytön muutosta.

Tämän jälkeen muutosalueisiin yhdistettiin hiilitaseselvityksen pääprosessissa muodostettu maaperäluokitus, jonka perusteella alueet luokiteltiin kivennäismaihin ja turvemaihin. Näin jokaiselle muutosalueelle määritettiin sekä rakentamista edeltänyt maanpeite että maaperätyyppi.

9.2.2 Puuston hiilivaraston määrittäminen

Puuston hiilivaraston määrittämiseksi hyödynnettiin puustolaskennassa muodostettuja puuston korkeusluokkakohtaisia hiilivarastoarvoja. Hila-aineistosta laskettiin puuston korkeuteen perustuvat biomassan hehtaarikohtaiset arvot luokittelemalla hilaruudut niiden sisältämän laserkorkeustiedon perusteella Helsingin seudun maanpeiteaineistossa käytettäviin puuston korkeusluokkiin 2–10 m, 10–15 m, 15–20 m ja yli 20 m.

Kullekin korkeusluokalle määritettiin keskimääräinen biomassa hehtaaria kohden. Samoin kuin pääprosessikin, biomassan hiilipitoisuudeksi määriteltiin 50 % ja hiili muunnettiin edelleen hiilidioksidiksi kertoimella 44/12, jolloin jokaiselle puuston korkeusluokalle saatiin hiilivarastoa kuvaava hehtaarikohtainen arvo. Näitä arvoja sovellettiin maankäytön muutoksen analyysissä rakentamisen alle jäävien puustoisten alueiden hiilivaraston määrittämiseen.

9.2.3 Rakentamisen seurauksena menetetyn hiilivaraston laskenta

Rakentamisen seurauksena menetetty hiilivarasto laskettiin maanpeiteluokan, maaperäluokan ja pinta-alan perusteella. Puuston ja matalan kasvillisuuden osalta oletettiin, että rakentamisen seurauksena alueella sijainnut biomassa poistuu tarkasteltavalta alueelta kokonaisuudessaan. Oletus tehtiin, koska maanpeitteen muuttuminen rakennetuksi ympäristöksi poistaa käytännössä kasvillisuuden hiiltä sitovan ja varastoivan toiminnan kyseiseltä alueelta. Tämän vuoksi puuston ja matalan kasvillisuuden hiilivarastoista katsottiin menetettävän 100 prosenttia.

Maaperän hiilivaraston muutoksen laskennassa sovellettiin hallitustenvälisen ilmastonmuutospaneelin ohjeistusta (2006), jonka mukaan rakennetuksi ympäristöksi muuttuvan maaperän hiilivarasto pienenee 20 prosenttia lähtötilanteeseen verrattuna. Kansallisessa kasvihuonekaasuinventaariossa maankäytön muutosluokkien vaikutukset kohdistetaan 20 vuoden tarkastelujaksolle, mutta tässä selvityksessä hiilivaraston väheneminen kohdennettiin kokonaisuudessaan tarkastelujaksolle. Menettely mahdollistaa maankäytön muutoksen vaikutuksen erottamisen mahdollisimman selkeästi muista hiilitaseeseen vaikuttavista tekijöistä.

9.2.4 Turvemaiden käsittely

Turvemaiden osalta laskennassa huomioitiin turvemaan ravinteisuusluokka (1–5). Rakentuneille turvemaille määritettiin ravinteisuusluokittain ojitettujen ja ojittamattomien turvemaiden hiilivarastojen keskiarvo.

Ojitustilannetta ei käsitelty erillisenä muuttujana, sillä sen vaikutuksen huomioimisen arvioitiin lisäävän laskennan monimutkaisuutta enemmän kuin saavutettavaa tarkkuushyötyä. Lisäksi rakentuneiden turvemaiden pinta-ala oli tarkastelualueella suhteellisen vähäinen. Turpeen oletettiin olevan metrin paksuinen kaikilla muutosalueilla.

9.2.5 Vuosittaisen hiilitasevaikutuksen määrittäminen

Muutosalueille laskettu rakentamisen seurauksena menetetty hiilivarasto määritettiin summaamalla puuston, matalan kasvillisuuden ja maaperän hiilivarastojen väheneminen.

Tarkastelujaksolla 2022–2024 havaittu hiilivaraston menetys muunnettiin vuosittaiseksi hiilitasevaikutukseksi jakamalla kahden vuoden aikana tapahtunut hiilivaraston väheneminen tarkastelujakson pituudella.

Menettely mahdollisti maankäytön muutosten vaikutuksen tarkastelun erillisenä osana pääkaupunkiseudun maankäyttösektorin vuosittaista hiilitasetta. Lisäksi menetelmä tuottaa aluekohtaiset tiedot hiilivaraston vähenemisen suuruudesta ja sen kohdentumisesta puustoon, matalaan kasvillisuuteen ja maaperään. Näin maankäytön muutosten vaikutuksia voitiin tarkastella sekä kokonaisuutena että yksittäisten muutosalueiden osatekijöiden perusteella.

9.2.6 Epävarmuudet maankäytön muutoksen hiilitaselaskennassa

Maankäytön muutoksen hiilitaselaskentaan liittyvät epävarmuudet aiheutuivat erityisesti lähtötilanteen hiilivarastojen määrittämisestä sekä oletuksista, joita käytettiin rakentamisen seurauksena menetettyjen hiilivarastojen laskennassa. Muutosalueille kohdennetut hiilivarasto- ja hiilitasearvot perustuivat tämän selvityksen muissa luvuissa esitettyihin laskentamenetelmiin, minkä vuoksi niihin liittyvät epävarmuudet heijastuivat myös maankäytön muutoksen hiilitaseen laskentaan.

Epävarmuuksia liittyi lisäksi muutosalueiden lähtötilanteen kasvillisuuden, maaperän ja turvemaiden ominaisuuksien määrittämiseen. Yksittäisten kohteiden todelliset hiilivarastot voivat poiketa laskennassa käytetyistä keskimääräisistä

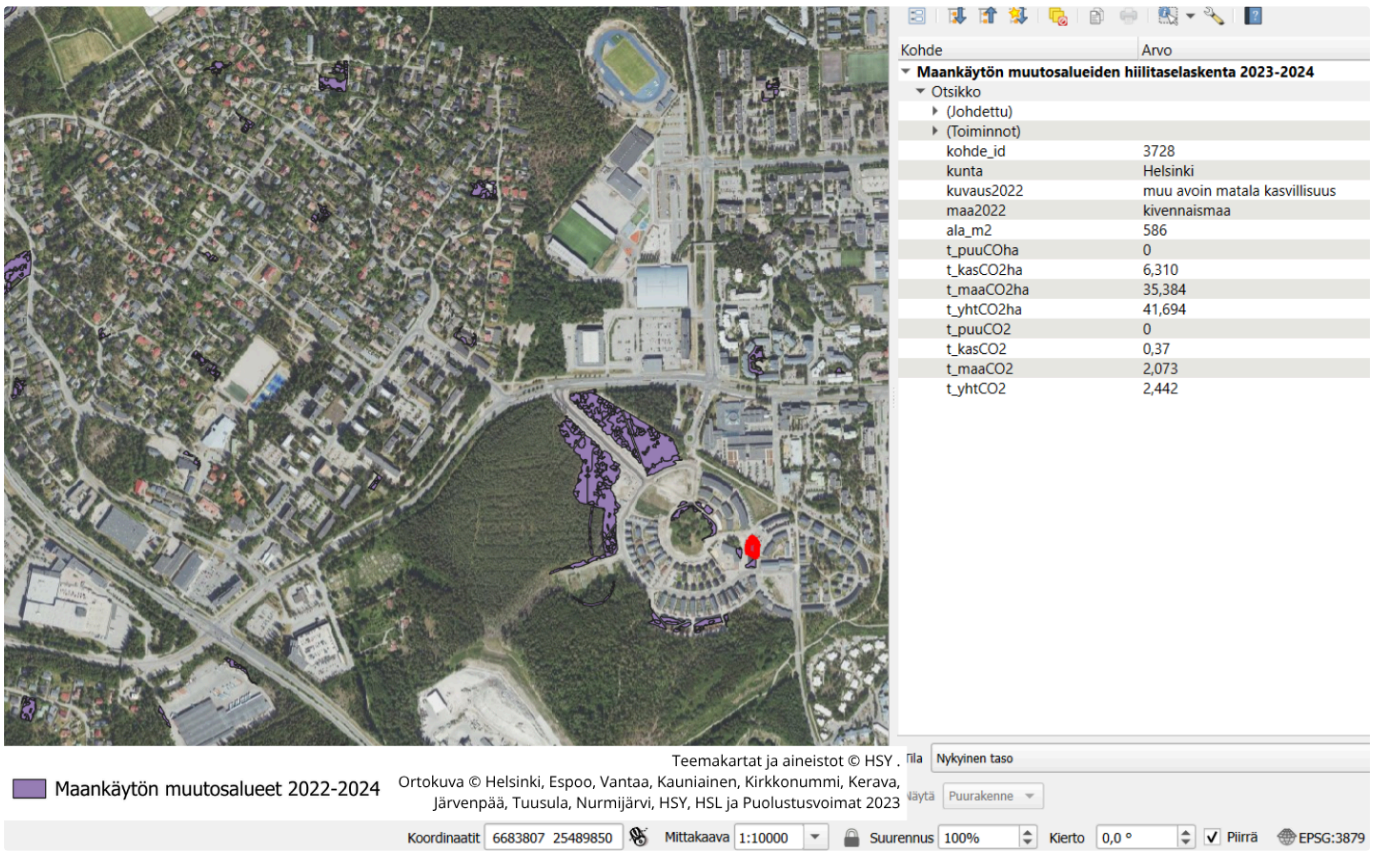
arvoista. Epävarmuuksien arvioidaan vaikuttavan ensisijaisesti yksittäisten muutosalueiden tuloksiin, mutta niiden vaikutuksen koko pääkaupunkiseudun tasolla muodostettuihin kokonaistuloksiin arvioitiin olevan vähäinen.

9.2.7 Vaiheen lopputulos

Vaiheen tuloksena muodostettiin paikkatietoaineisto alueista, joiden maankäyttö oli muuttunut kasvullisista alueista rakennetuksi ympäristöksi vuosien 2022–2024 välillä. Kullekin muutosalueelle määritettiin rakentamista edeltänyt maanpeite, maaperäluokka, rakentamisen seurauksena menetetty hiilivarasto sekä siitä aiheutuva vuosittainen hiilitasevaikutus.

Menettelyn avulla voitiin erottaa rakennetun ympäristön laajenemisesta aiheutuva hiilivaraston väheneminen puuston kasvusta ja hakkuista sekä matalan kasvillisuuden hiilen sidonnasta ja maaperän hiilenkierrosta aiheutuvista hiilitasevaikutuksista.

Vaiheen tuloksena muodostunut tulosaineisto yhdistettiin hiilitaseselvityksen muihin tuloksiin pääkaupunkiseudun kokonaishiilitaseen määrittämiseksi.



Kuva 9-2. Esimerkkikuva maankäytön muutoksen hiilitaselaskennan tuloksena muodostetusta paikkatietoaineistosta Helsingin Honkasuon alueelta. Alueet saivat vaiheen tuloksena lopullisen tietosisällön, jossa oli määritelty menetetty hiilivarasto osatekijöittäin. Luokittelutieto kertoo maaperätyypin ja mitä kasvillisuutta alueella aikaisemmin ennen alueen rakentamista.

10 Hiilitaseselvityksen tulokset

Tässä luvussa esitellään selvityksen tuloksia numeroiden, taulukoiden ja karttojen avulla. Ensimmäiseksi vuorossa ovat hiilivarastot luokiteltuna eri pääluokkiin ja osatekijöihin.

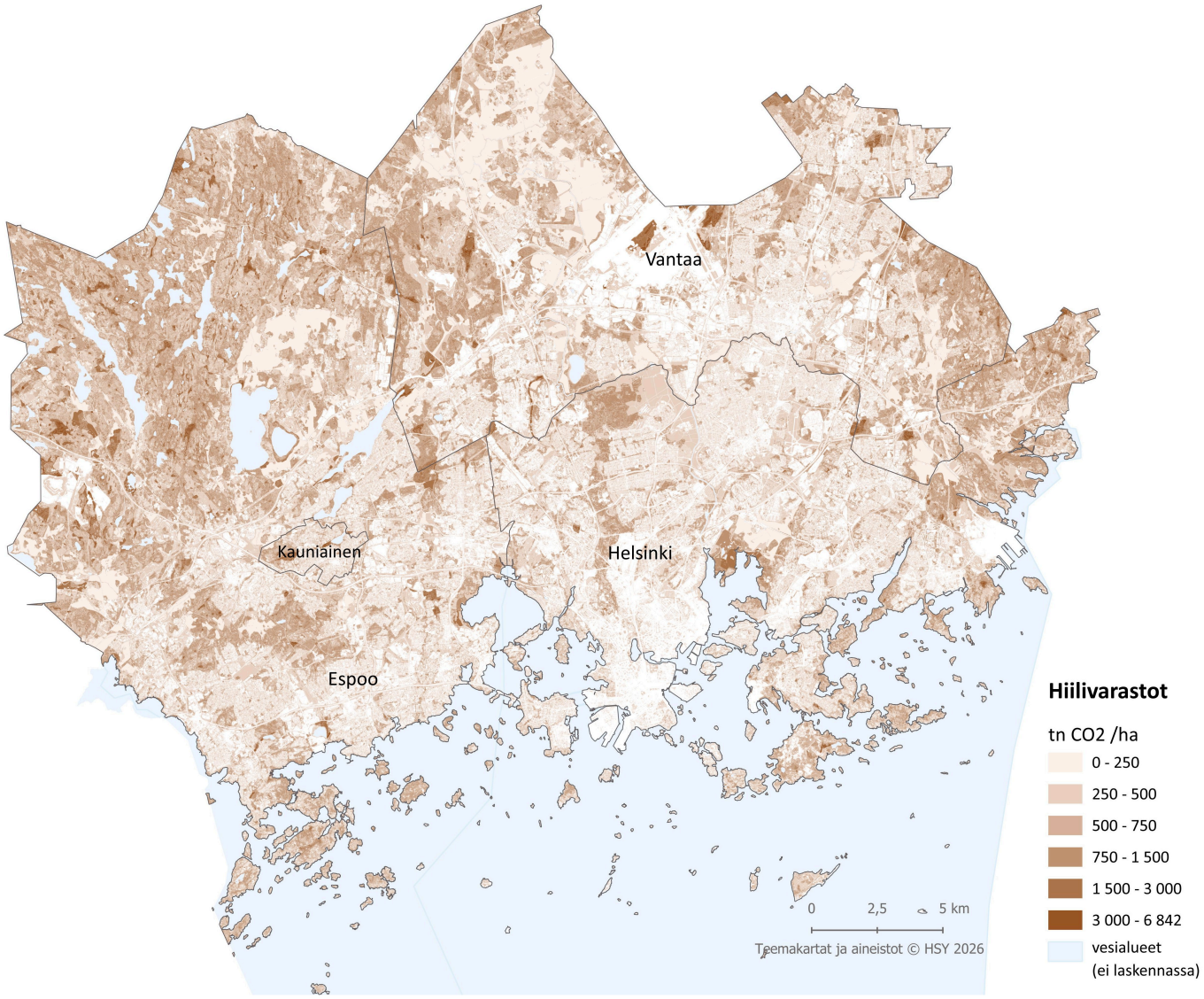
Toinen alaluku kuvaa hiilitasetta vielä ilman maankäytön muutoksen lukuja eli vuoden 2024 kasvullisiin alueisiin perustavaa tilannetta. Myös hiilitasetuloksia on kuvattu eri luokituksilla ja osatekijöillä. Kolmannessa ja neljännessä luvussa tarkastellaan maankäytön muutosta ja sen huomioivaa maankäyttösektorin kokonaishiilitasetta. Tuloksia esitellään myös kaupunkikohtaisesti.

Viides alaluku erittelee maankäyttösektorin hiilitasetta RAMS-luokitusten avulla, jotta saadaan näkyviin, mikä osa hiilitaseesta ja -varastosta on kaupunkien oman hallinnan ja hoidon piirissä. Kuudes alaluku käsittelee puuston hiilitasetta ja -varastoa omana kokonaisuutenaan. Puustoa on muissakin maankäytön pääluokissa kuin metsissä, ja luvussa on tarkennettu, miten puuston hiilitase ja -varasto jakaantuvat eri maankäytön pääluokkiin. Luvun loppuun on koottu yhteenveto keskeisimmistä tuloksista.

10.1 Hiilivarastot

Tässä luvussa esitetään maankäyttösektorin hiilivarastot vuoden 2024 tilanteessa. Tarkastelu kuvaa olemassa olevien viheralueiden, viljelysmaiden ja kosteikkojen puustoon, matalaan kasvillisuuteen ja maaperään sitoutunutta hiiltä. Vuosina

2022–2024 rakennetuksi ympäristöksi muuttuneiden alueiden hiilivarastojen menetyksiä tarkastellaan erikseen luvussa 10.3, jotta maankäytön muutosten vaikutus voidaan erottaa olemassa olevien maankäyttöluokkien hiilivarastoista.



Kuva 10-1. Kartta hiilivarastoista (tn CO2/ha) pääkaupunkiseudulla.

10.1.1 Hiilivarastot maankäytön pääluokittain

Suurin hiilivarasto sijaitsi metsissä. Metsät kattoivat 55 % tarkasteltavasta vuoden 2024 viheralueiden ja viljelysmaiden pinta-alasta, mutta niiden osuus hiilivarastosta oli 68 %. Rakennetun ympäristön viherrakenne muodosti toiseksi suurimman hiilivaraston. Kosteikkojen pinta-alaosuus oli pieni, mutta niiden osuus hiilivarastosta oli selvästi pinta-alaosuutta suurempi.

Taulukko 10-1. Hiilivarastot maankäytön pääluokittain pääkaupunkiseudulla vuonna 2024.

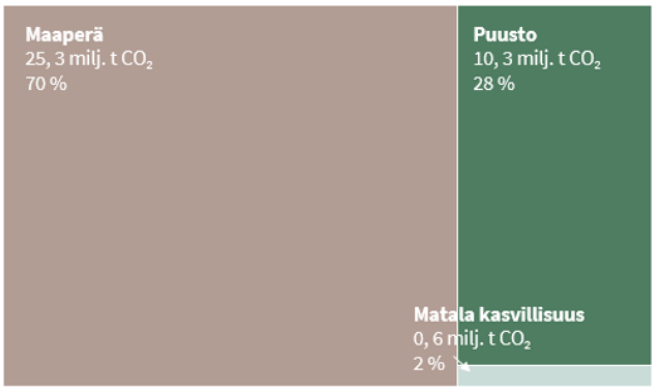
Maankäytön pääluokka	Pinta-ala (ha)	Osuus pinta-alasta (%)	Hiilivarasto (tn CO_2)	Osuus hiilivarastosta (%)
Metsät	30 096	55,1	24 592 991	67,9
Rakennetun ympäristön viherrakenne	13 582	24,9	5 362 256	14,8
Avoimet viheralueet	3 418	6,3	1 641 609	4,5
Viljelysmaat	6 146	11,3	1 548 612	4,3
Kosteikot	1 365	2,5	3 074 383	8,5
Yhteensä	54 607	100	36 219 851	100

10.1.2 Hiilivarastojen jakautuminen osatekijöittäin

Pääkaupunkiseudun hiilivarasto muodostuu puuston, matalan kasvillisuuden ja maaperän hiilivarastoista. Kokonaisvarastosta suurin osa sijaitsi maaperässä. Puusto muodosti toiseksi suurimman hiilivaraston, kun taas matalan kasvillisuuden osuus jäi selvästi pienemmäksi. Tämä osoittaa, että pääkaupunkiseudun hiilivarastojen tarkastelussa maaperän merkitys on keskeinen.

Taulukko 10-2. Hiilivarastojen jakautuminen osatekijöittäin pääkaupunkiseudulla vuonna 2024.

Osatekijä	Hiilivarasto (tn CO_2)	Osuus hiilivarastosta (%)
Puusto	10 278 903	28,4
Matala kasvillisuus	608 061	1,7
Maaperä	25 332 887	69,9
Yhteensä	36 219 851	100



Kuva 10-2. Graafi hiilivaraston jakautumisesta osatekijöittäin pääkaupunkiseudulla.

10.1.3 Hiilivarastot maaperäluokittain

Kivennäismaat muodostivat suurimman osan pääkaupunkiseudun hiilivarastosta. Turvemaat kattoivat vain 5,7 % tarkasteltavasta viheralueiden ja viljelysmaiden pinta-alasta, mutta niiden osuus hiilivarastosta oli 20,2 %. Turvemaiden hiilivarasto oli siten huomattavan suuri suhteessa niiden pinta-alaan.

Taulukko 10-3. Hiilivarastot maaperäluokittain pääkaupunkiseudulla vuonna 2024.

Maaperäluokka	Pinta-ala (ha)	Osuus pinta-alasta (%)	Hiilivarasto (tn CO_2)	Osuus hiilivarastosta (%)
Kivennäismaa	51 497	94,3	28 919 216	79,8
Turvemaa	3 110	5,7	7 300 635	20,2
Yhteensä	54 607	100	36 219 851	100

10.1.4 Hiilivarastot kaupungeittain

Kaupungeista suurin hiilivarasto sijaitsi Espoossa. Espoon osuus tarkasteltavasta viheralueiden ja viljelysmaiden pinta-alasta oli 44,9 %, mutta sen osuus hiilivarastosta oli 49,1 %. Vantaan osuus hiilivarastosta oli 29,3 % ja Helsingin 20,8 %. Kauniaisten osuus sekä pinta-alasta että hiilivarastosta oli alle yhden prosentin.

Taulukko 10-4. Hiilivarastot kaupungeittain vuonna 2024.

Kaupunki	Pinta-ala (ha)	Osuus pinta-alasta (%)	Hiilivarasto (tn CO_2)	Osuus hiilivarastosta (%)
Espoo	24 524	44,9	17 771 101	49,1
Helsinki	12 620	23,1	7 543 961	20,8
Kauniainen	407	0,7	275 391	0,8
Vantaa	17 055	31,2	10 629 398	29,3
Yhteensä	54 607	100	36 219 851	100

10.2 Hiilitase ilman maankäytön muutoksen vaikutusta

Tässä luvussa esitetään maankäyttösektorin hiilitase ilman maankäytön muutoksen vaikutusta. Tarkastelu kuvaa olemassa olevien viheralueiden, viljelysmaiden ja kosteikkojen puuston, matalan kasvillisuuden ja maaperän hiilivarastojen vuosittaista muutosta vuosien 2023 ja 2024 välillä. Maankäytön muutoksista aiheutuvat hiilitasevaikutukset tarkastellaan erikseen luvussa 10.4, jotta rakennetun ympäristön laajenemisen vaikutus voidaan erottaa varsinaisesta maankäyttöluokkien hiilitaseesta.

10.2.1 Hiilitase maankäytön pääluokittain

Metsät muodostivat pääkaupunkiseudun selvästi suurimman hiilinielun. Metsien osuus pinta-alasta oli noin 55 %, mutta niiden osuus hiilinielusta oli noin 78 %. Rakennetun ympäristön viherrakenne oli toiseksi merkittävin hiilinielu. Viljelysmaat olivat ainoa pääluokka, jonka hiilitase oli positiivinen eli päästölähde.

Taulukko 10-5. Hiilitase maankäytön pääluokittain vuosina 2023–2024 ilman maankäytön muutoksen vaikutusta.

Maankäytön pääluokka	Pinta-ala (ha)	Osuus pinta-alasta (%)	Hiilitase (tn CO_2/v)	Osuus kokonaistaseesta (%)
Metsät	30 096	55,1	-192 267	78
Rakennetun ympäristön viherrakenne	13 582	24,9	-50 081	20,3
Avoimet viheralueet	3 418	6,3	-6 869	2,8
Viljelysmaat*	6 146	11,3	8 340	-3,4
Kosteikot	1 365	2,5	-5 738	2,3
Yhteensä	54 607	100	-246 614	100

** Viljelysmaat muodostavat positiivisen tase-erän eli päästölähteen suhteessa muiden pääluokkien muodostamaan hiilinieluun.*

10.2.2 Hiilitaseen jakautuminen osatekijöittäin

Ilman maankäytön muutoksen vaikutusta pääkaupunkiseudun maankäyttösektorin hiilitase oli −246 614 tn CO_2/v. Puusto muodosti suurimman hiilinielun (−234 588 tn CO_2/v) ja matala kasvillisuus täydensi hiilinielua (−51 105 tn CO_2/v). Maaperän kokonaistase oli positiivinen (39 079 tn CO_2/v), eli maaperä toimi kokonaisuutena päästölähteenä ja pienensi puuston sekä matalan kasvillisuuden muodostamaa hiilinielua.

Taulukko 10-6. Hiilitase osatekijöittäin pääkaupunkiseudulla vuosina 2023–2024 ilman maankäytön muutoksen vaikutusta.

Osatekijä	Hiilitase (tn CO_2/v)	Osuus kokonaistaseesta (%)
Puusto	-234 588	95,1
Matala kasvillisuus	-51 105	20,7
Maaperä	39 079	-15,8
Yhteensä	-246 614	100

10.2.3 Hiilitase maaperäluokittain

Kivennäismaat muodostivat lähes koko maankäyttösektorin hiilinielun ilman maankäytön muutoksen vaikutusta. Turvemaiden hiilitase oli myös negatiivinen eli hiilinielu, mutta niiden osuus hiilitaseesta oli pieni verrattuna niiden osuuteen hiilivarastosta. Tämä osoittaa, että turvemaiden merkitys korostuu erityisesti hiilivarastoissa, ei samalla tavalla vuotuisessa hiilitaseessa.

Taulukko 10-7. Hiilitase maaperäluokittain vuosina 2023–2024 ilman maankäytön muutoksen vaikutusta.

Maaperäluokka	Pinta-ala (ha)	Osuus pinta-alasta (%)	Hiilitase (tn CO_2/v)	Osuus kokonaistaseesta (%)
Kivennäismaa	51 497	94,3	-241 772	98
Turvemaa	3 110	5,7	-4 842	2
Yhteensä	54 607	100	-246 614	100

10.3 Maankäytön muutoksen vaikutus hiilitaseeseen

Edellisessä luvussa esitetty hiilitase kuvaa olemassa olevien maankäyttöluokkien hiilitasetta ilman maankäytön muutoksia. Tässä luvussa tarkastellaan erikseen kasvullisilta alueilta rakennetuksi ympäristöksi muuttuneiden alueiden vaikutusta hiilitaseeseen. Maankäytön muutoksen vaikutuksen huomioimisen jälkeen muodostuu maankäyttösektorin kokonaishiilitase. Maankäytön muutoksen laskentamenetelmää on avattu tarkemmin luvussa 9.

Maankäytön muutosta tarkasteltiin vuosien 2022–2024 aikana kasvullisilta alueilta rakennetuksi ympäristöksi muuttuneilla alueilla. Näiden muutosalueiden pinta-ala oli yhteensä noin 310 ha. Muutoksen vaikutus kokonaishiilitaseeseen oli 28 175 tn CO_2/v, eli se pienensi pääkaupunkiseudun maankäyttösektorin hiilinielua.

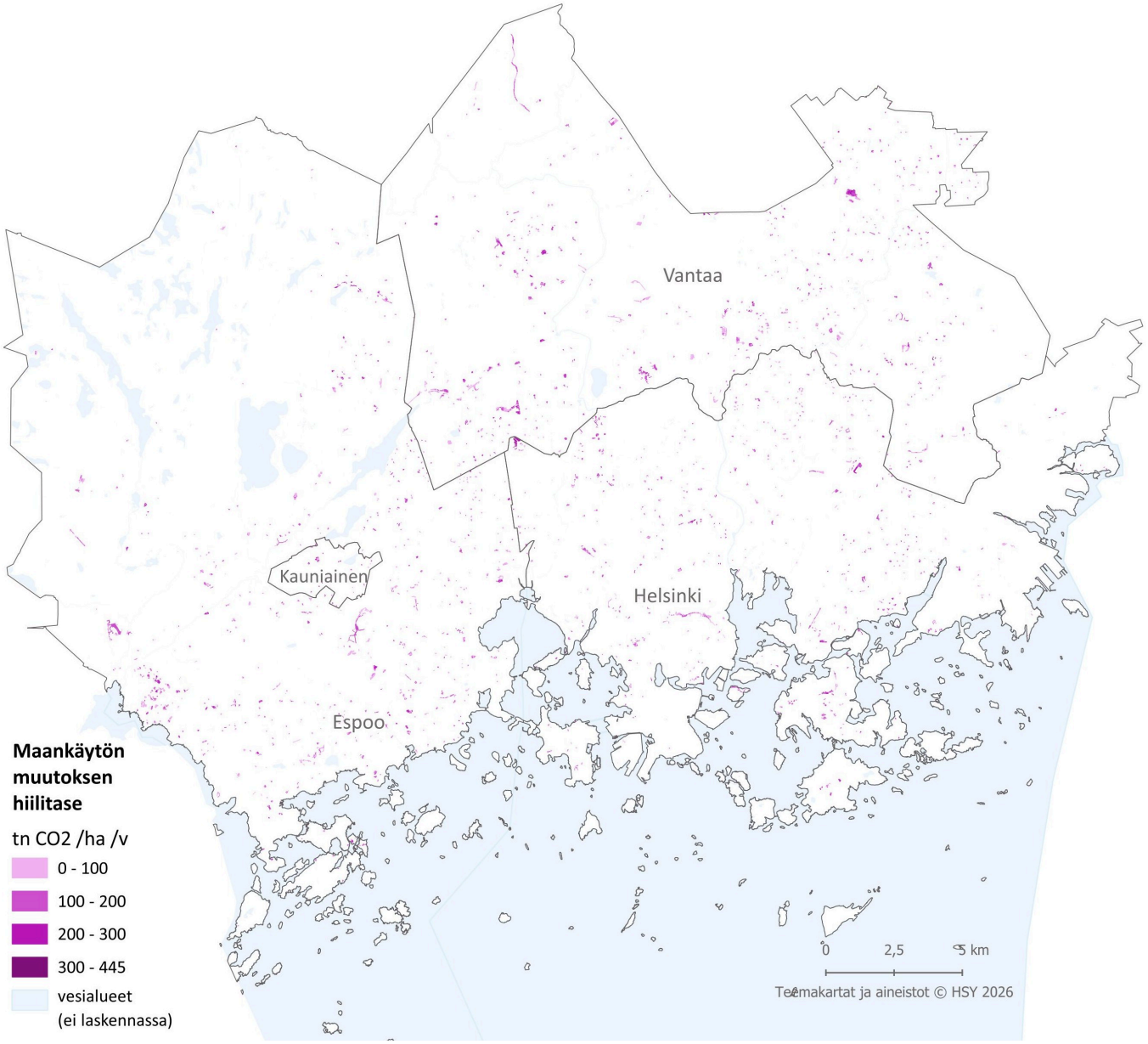
Taulukko 10-8. Maankäytön muutoksen pinta-ala ja hiilitasevaikutus kaupungeittain.

Kaupunki	Muutosalueen pinta-ala (ha)	Hiilitasevaikutus (tn CO_2/v)	Osuus muutosalueiden pinta-alasta (%)	Osuus hiilitase-vaikutuksesta (%)
Espoo	112	9 116	36	32,4
Helsinki	73	7 266	23,6	25,8
Kauniainen	2	269	0,8	1
Vantaa	123	11 525	39,6	40,9
Yhteensä	310	28 175	100	100

Maankäytön muutoksen vaikutus muodostui puuston, matalan kasvillisuuden ja maaperän hiilivarastojen menetyksistä. Pääkaupunkiseudun tasolla vaikutus jakautui lähes tasan puuston ja maaperän välillä. Puuston osuus vaikutuksesta oli 13 312 tn CO_2/v ja maaperän 13 017 tn CO_2/v. Matalan kasvillisuuden osuus oli 1 846 tn CO_2/v.

Taulukko 10-9. Maankäytön muutoksen hiilitasevaikutus osatekijöittäin.

Osatekijä	Hiilitasevaikutus (tn CO_2/v)	Osuus vaikutuksesta (%)
Puusto	13 312	47,3
Matala kasvillisuus	1 846	6,6
Maaperä	13 017	46,2
Yhteensä	28 175	100



Kuva 10-3. Kartta maankäytön muutoksen alueista ja niiden hiilitaseesta.

10.4 Maankäyttösektorin kokonaishiilitase maankäytön muutos huomioiden

Kun maankäytön muutoksen vaikutus huomioidaan, pääkaupunkiseudun maankäyttösektorin kokonaishiilitase oli −218 440 tn CO_2/v. Maankäytön muutos rakennetuksi ympäristöksi heikensi hiilitasetta 28 175 tn CO_2/v eli noin 11 %. Kokonaisuutena pääkaupunkiseudun maankäyttösektori toimi kuitenkin edelleen hiilinieluna.

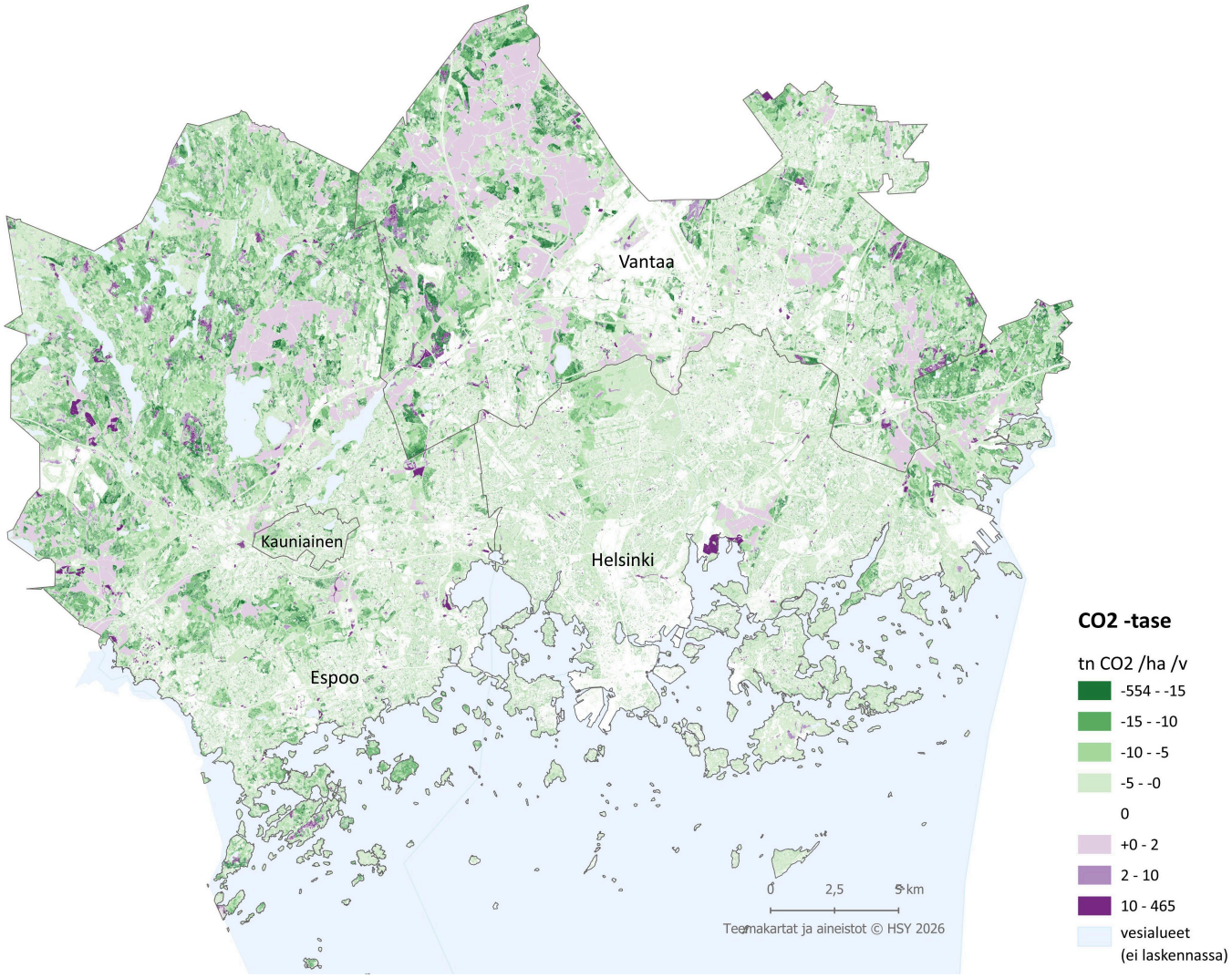
Kokonaishiilitase muodostuu yhdistämällä maankäyttösektorin hiilitase ilman maankäytön muutosta ja maankäytön muutoksen vaikutus. Koska maankäytön muutos heikentää hiilinielua, vaikutus esitetään positiivisena tase-eränä:

−246 614 tn CO_2/v + 28 175 tn CO_2/v = −218 440 tn CO_2/v

Taulukko 10-10. Maankäyttösektorin kokonaishiilitase pääkaupunkiseudulla vuosina 2023–2024 maankäytön muutos

huomioiden.

Tunnusluku	Pinta-ala (ha)	Hiilitase (tn CO_2/v)
Hiilitase ilman maankäytön muutosta	54 607	-246 614
Maankäytön muutoksen vaikutus	310	28 175
Kokonaishiilitase	54 917	-218 440



Kuva 10-4. Kartta maankäyttösektorin kokonaishiilitaseesta (tn CO_2/ha/v) pääkaupunkiseudulla (sisältää maankäytön muutokset).

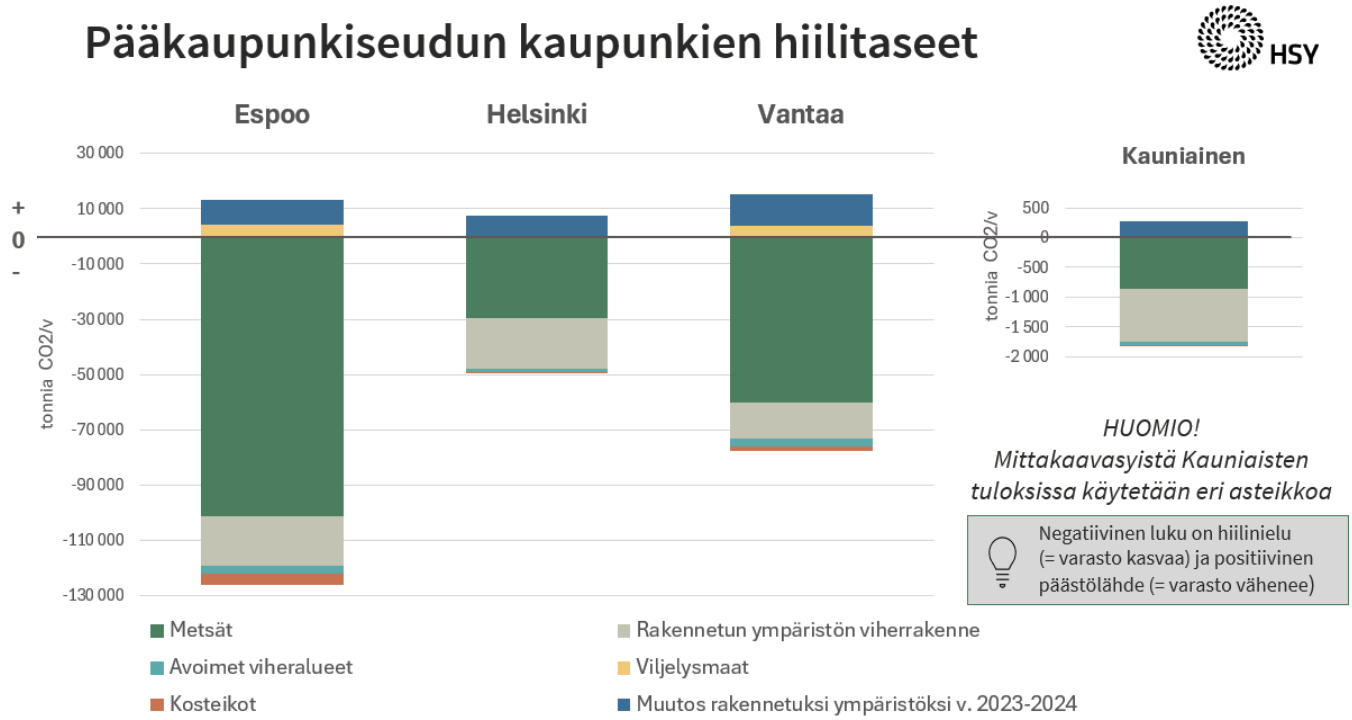
10.4.1 Maankäyttösektorin kokonaishiilitase kaupungeittain

Maankäytön muutosten vaikutukset huomioiva tarkastelu osoittaa, että Helsingin, Espoon, Vantaan ja Kauniaisten maankäyttösektori oli koko tarkastelujakson ajan hiilinielu. Suurin kokonaishiilinielu oli Espoossa, jonka osuus

pääkaupunkiseudun kokonaistaseesta oli 51,6 %. Vantaan osuus oli 28,5 %, Helsingin 19,2 % ja Kauniaisten alle yhden prosentin.

Taulukko 10-11. Kokonaishiilitase kaupungeittain maankäytön muutoksen vaikutus huomioiden.

Kaupunki	Tarkasteltava pinta-ala (ha)	Osuus pinta-alasta (%)	Kokonaishiilitase (tn CO_2/v)	Osuus kokonaistaseesta (%)
Espoo	24 636	44,9	-112 755	51,6
Helsinki	12 694	23,1	-41 956	19,2
Kauniainen	410	0,7	-1 534	0,7
Vantaa	17 178	31,3	-62 194	28,5
Yhteensä	54 917	100	-218 440	100



Kuva 10-5. Graafi pääkaupunkiseudun kaupunkien hiilitaseista.

10.5 RAMS-kunnossapitoluokan sisältävien viheralueiden tulokset

RAMS-kunnossapitoluokan sisältävien viheralueiden pinta-ala oli pääkaupunkiseudulla yhteensä noin 11 736 ha. Niiden hiilivarasto oli noin 8,2 miljoonaa tn CO_2 ja hiilitase noin −51 704 tn CO_2/v. RAMS-luokitellut alueet muodostivat 21,5 %

vuoden 2024 tarkasteltavasta viheralueiden ja viljelysmaiden pinta-alasta, 22,6 % hiilivarastosta ja 21,0 % hiilitaseesta ilman maankäytön muutoksen vaikutusta.

Taulukko 10-12. RAMS-kunnossapitoluokan sisältävien viheralueiden pinta-ala, hiilivarasto ja hiilitase kaupungeittain.

Kaupunki	RAMS-pinta-ala (ha)	Osuus kaupungin tarkastelta-vasta pinta-alasta (%)	Hiilivarasto (tn CO_2)	Osuus kaupungin hiilivaras-tosta (%)	Hiilitase (tn CO_2/v)	Osuus kaupungin hiilitaseesta ilman maankäytön muutoksen vaikutusta (%)
Espoo	4 019	16,4	2 911 941	16,4	-20 818	17,1
Helsinki	6 684	53	4 664 410	61,8	-27 477	55,8
Kauniainen	178	43,6	168 245	61,1	-783	43,4
Vantaa	855	5	431 453	4,1	-2 626	3,6
Yhteensä	11 736	21,5	8 176 049	22,6	-51 704	21

RAMS-kunnossapitoluokan sisältävien viheralueiden merkitys vaihteli kunnittain. Helsingissä RAMS-kunnossapitoluokan sisältävät viheralueet muodostivat yli puolet kaupungin tarkasteltavasta pinta-alasta ja selvästi yli puolet kaupungin hiilivarastosta ja hiilinielusta. Kauniaisissa RAMS-kunnossapitoluokan sisältävien viheralueiden suhteellinen merkitys oli suuri suhteessa kaupungin pieneen pinta-alaan. Vantaalla RAMS-kunnossapitoluokan sisältävien viheralueiden osuus jäi selvästi pienemmäksi kuin muissa kunnissa. RAMS-luokittelua on avattu tarkemmin luvussa 6.1.2.

10.6 Puuston merkitys hiilivarastolle ja hiilitaseelle

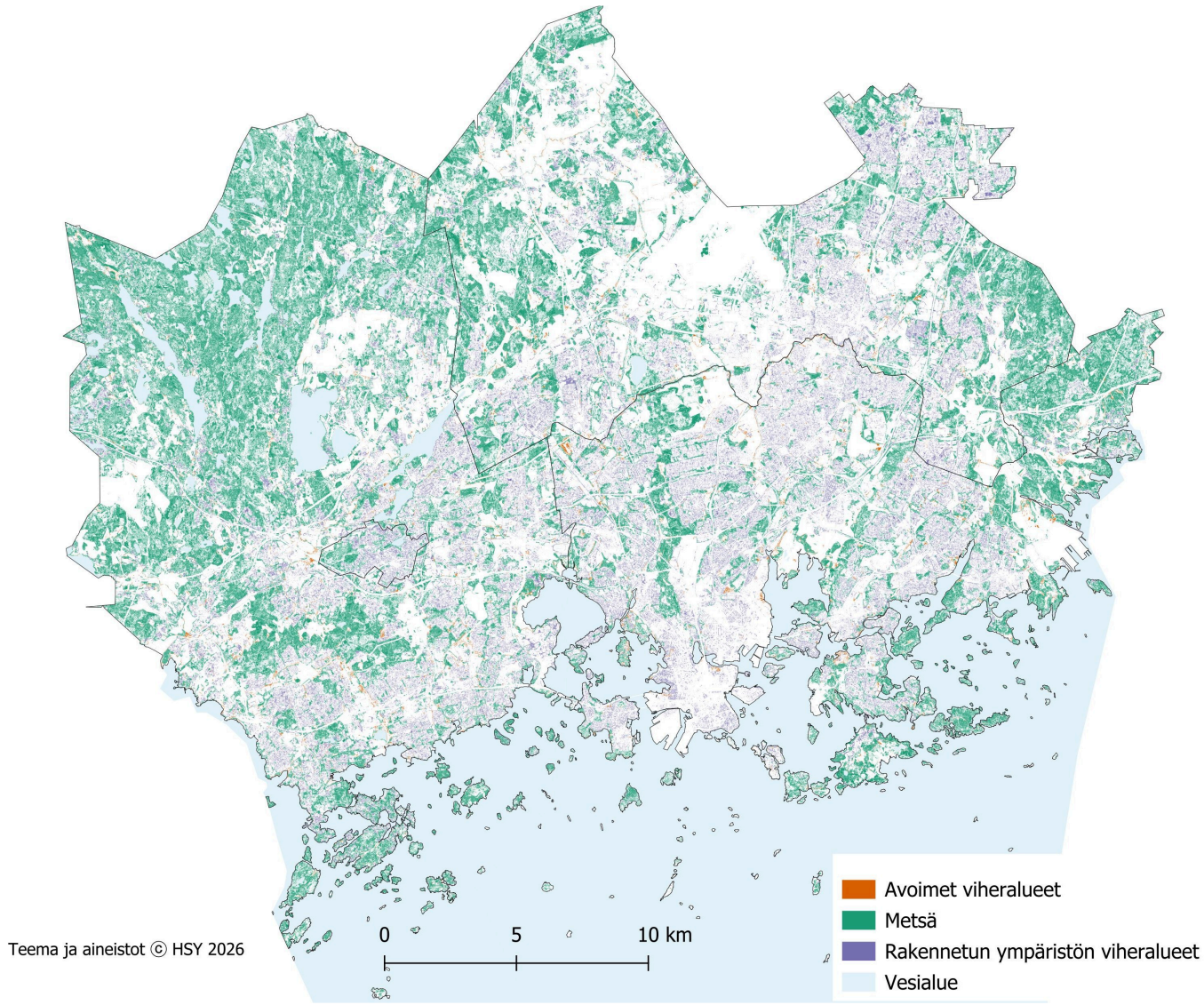
Puusto muodosti pääkaupunkiseudun hiilivarastosta noin 28 % eli 10,3 miljoonaa tn CO_2. Hiilitaseessa puusto oli selvästi merkittävin hiilinielu: puuston tase oli −234 588 tn CO_2/v ilman maankäytön muutoksen vaikutusta.

Puuston merkitys näkyi erityisesti metsissä, joissa puuston hiilivarasto oli noin 8,9 miljoonaa tn CO_2 ja puuston hiilitase −191 954 tn CO_2/v. Rakennetun ympäristön viherrakenteissa puuston hiilivarasto oli 0,9 miljoonaa tn CO_2 ja puuston hiilitase −30 894 tn CO_2/v. Myös avoimilla viheralueilla ja kosteikoilla puusto muodosti osan hiilivarastosta ja hiilinielusta.

Taulukko 10-13. Puuston hiilivarasto ja hiilitase maankäytön pääluokittain.

Maankäytön pääluokka	Puuston hiilivarasto (tn CO_2)	Osuus puuston hiilivarastosta (%)	Puuston hiilitase (tn CO_2/v)	Osuus puuston hiilitaseesta (%)
Metsät	8 892 193	86,5	-191 954	81,8
Rakennetun ympäristön viherrakenne	927 952	9	-30 894	13,2
Avoimet viheralueet	205 095	2	-6 403	2,7
Kosteikot	253 663	2,5	-5 337	2,3
Viljelysmaat	1	0	0	0
Yhteensä	10 278 903	100	-234 588	100

Tulokset osoittavat, että puusto on keskeinen sekä hiilivaraston että vuosittaisen hiilinielun muodostaja. Metsät ovat puuston kannalta selvästi tärkein maankäyttöluokka, mutta myös rakennetun ympäristön viherrakenteilla on huomattava merkitys erityisesti tiiviisti rakennetuilla alueilla.



Kuva 10-6. Kartta puuston sijoittumisesta eri maankäyttöluokkiin.

10.7 Tulosten yhteenveto ja keskeiset havainnot

Pääkaupunkiseudun maankäyttösektorin hiilivarasto oli vuonna 2024 yhteensä 36,2 milj. tn CO_2. Tarkasteltavien viheralueiden ja viljelysmaiden pinta-ala oli yhteensä 54 607 ha. Pääkaupunkiseudun maankäyttösektorin kokonaishiilitase maankäytön muutos huomioiden oli −218 440 tn CO_2/v. Tällöin tarkasteltava kokonaispinta-ala oli noin 54 917 ha.

Hiilivarastoista merkittävin osa sijaitsi maaperässä, jonka osuus kokonaisvarastosta oli noin 70 % eli 25,3 miljoonaa tn CO_2. Puuston hiilivarasto oli 10,3 miljoonaa tn CO_2 eli 28,4 %. Turvemaiden osuus pinta-alasta oli vain 5,7 %, mutta niiden osuus hiilivarastosta oli 20,2 %, mikä korostaa turvemaiden merkitystä hiilen pitkäaikaisina varastoina. Maankäyttöluokista metsät muodostivat selvästi suurimman hiilivaraston sisältäen lähes 68 % koko hiilivarastosta.

Hiilinieluista merkittävin oli puusto, jonka hiilitase ilman maankäytön muutoksen huomioimista oli −234 588 tn CO_2/v. Maankäyttöluokista ylivoimaisesti suurin hiilinielu oli metsät noin 78 % osuudella. Rakennetun ympäristön viherrakenne oli toiseksi merkittävin hiilinielu noin 20 % osuudella, mikä korostaa kaupunkivihreän merkitystä osana pääkaupunkiseudun hiilitasetta. Viljelysmaat olivat tarkastelluista maankäytön pääluokista ainoa nettomääräinen päästölähde.

Vuosina 2022–2024 rakennetuksi ympäristöksi muuttui noin 310 ha kasvullisten alueiden pinta-alaa, mikä heikensi hiilitasetta yhteensä 28 175 tn CO_2/v eli noin 11 %. Rakentamisen seurauksena menetetään sekä olemassa olevia

hiilivarastoja että alueiden tulevaa hiilensidontakykyä.

Kaikissa pääkaupunkiseudun kaupungeissa maankäyttösektori toimi nettomääräisenä hiilinieluna. Suurin hiilinielu sijaitsi Espoossa, jonka osuus oli noin puolet pääkaupunkiseudun kokonaishiilinielusta. RAMS-kunnossapitoluokan sisältävillä viheralueilla oli merkittävä rooli hiilivarastojen ja hiilinielujen ylläpitämisessä: niiden osuus oli noin 23 % hiilivarastosta ja noin 21 % hiilinielusta.

Hiilitaseselvitys osoittaa, että pääkaupunkiseudun hiilitase muodostuu useiden maankäyttöluokkien yhteisvaikutuksesta. Vaikka metsät muodostavat suurimman hiilinielun, myös rakennetun ympäristön viherrakenteilla ja avoimilla viheralueilla on merkittävä rooli hiilen sitoutumisessa. Hiilivarastot taas painottuvat voimakkaasti maaperään, mikä korostaa maaperän merkitystä osana maankäyttösektorin ilmastovaikutuksia. Lisäksi hiilinielujen ja hiilivarastojen alueellinen jakautuminen ei ole täysin sama, mikä korostaa tarvetta tarkastella niitä rinnakkain.

11 Johtopäätökset

Selvitys osoittaa, että pääkaupunkiseudun maankäyttösektorin ilmastovaikutukset muodostuvat useiden toisiinsa kytkeytyvien tekijöiden yhteisvaikutuksesta. Hiilivarastojen säilyminen, hiilen sitoutuminen kasvillisuuteen ja maaperään sekä maankäytön muutokset vaikuttavat hiilitaseeseen eri tavoin ja eri aikajänteillä. Tässä luvussa tarkastellaan selvityksen keskeisiä johtopäätöksiä sekä niiden merkitystä pääkaupunkiseudun maankäyttösektorin ilmastovaikutusten ymmärtämisessä.

11.1 Hiilitaseen selvittäminen kaupunkiympäristössä eroaa kansallisen tason hiilitaselaskennoista

Pääkaupunkiseudun maankäyttösektorin rakenne poikkeaa monin tavoin valtakunnallisesta tarkastelusta. Kansallisella tasolla hiilinielut painottuvat voimakkaasti metsiin (Tilastokeskus 2025), kun taas kaupunkiympäristössä myös rakennetun ympäristön viherrakenteet ja avoimet viheralueet muodostavat yhdessä merkittävän osan kokonaisuudesta. Kaupunkialueiden hiilitase muodostuu useiden maankäyttöluokkien, kasvillisuustyyppien ja maaperäolosuhteiden yhteisvaikutuksesta, minkä vuoksi laskenta edellyttää metsien lisäksi myös muiden kasvullisten alueiden, maaperän ja maankäytön muutosten huomioimista.

Myös pääkaupunkiseudun kaupunkien välillä on eroja maankäytön rakenteessa ja eri maankäyttöluokkien osuudessa kokonaispinta-alasta, minkä vuoksi hiilitaseeseen vaikuttavat tekijät painottuvat eri tavoin eri kaupungeissa. Tulokset osoittavat, että valtakunnallisista maankäyttösektorin tarkasteluista johdetut johtopäätökset eivät sellaisenaan kuvaa kaupunkiympäristöjen hiilivarastojen ja hiilinielujen rakennetta.

Yksi selvityksen merkittävimmistä havainnoista liittyy rakennetun ympäristön viherrakenteiden rooliin osana kaupunkialueiden hiilitasekokonaisuutta. Vaikka hiilensidontaan liittyvä keskustelu keskittyy usein metsiin, tulokset osoittavat, että myös puistot, pihat, katuympäristöt ja muut rakennetun ympäristön viherrakenteet osallistuvat hiilen sitomiseen ja varastointiin. Havainto tukee viimeaikaisia Hautamäki ym. (2026) tutkimustuloksia, joissa kaupunkivihreän merkitys osana kaupunkien hiilinieluja ja hiilensidontaa on tunnistettu yhä selvemmin. Ne osoittavat, että kaupunkivihreä ei ole ainoastaan kaupunkikuvan tai virkistyskäytön kannalta arvokas elementti, vaan myös osa kaupunkiympäristön ilmastovaikutuksia määrittävää infrastruktuuria.

Vaikka tämän selvityksen tarkastelu kohdistui hiilivarastoihin ja hiilitaseeseen, hiilen sitoutumisen kannalta merkittävät alueet tuottavat usein myös muita kaupunkiympäristön kannalta tärkeitä hyötyjä (Hautamäki ym. 2026). Toisaalta selvityksen tulokset ovat linjassa myös Akujärvi ym. (2026) tutkimuksen kanssa osoittaen, että luonnon monimuotoisuuden kannalta tärkeät vanhat metsät ovat merkityksellisiä myös suurten hiilivarastojen säilyttämisen näkökulmasta. Hiilensidonnan, ilmastonmuutokseen sopeutumisen, luonnon monimuotoisuuden ja virkistysarvojen kytkeytyminen samoihin alueisiin korostaa kaupunkivihreän merkitystä osana kestävää ja monihyötyistä kaupunkiympäristöä.

11.2 Hiilivarastojen säilyttäminen on yhtä lailla tärkeää kuin hiilinielujen vahvistaminen

Selvityksen keskeinen johtopäätös on, että hiilivarastoja ja hiilinieluja on tarkasteltava rinnakkain. Hiilivarastot kuvaavat ekosysteemeihin sitoutunutta hiiltä, kun taas hiilitase kuvaa näiden varastojen muutosta. Maankäyttösektorin ilmastovaikutuksia ei voida arvioida tarkastelemalla ainoastaan hiilen sitoutumista, vaan myös sitä, kuinka hyvin olemassa olevat hiilivarastot säilyvät ajan kuluessa.

Tulokset tukevat kaupunkivihreää koskevan tutkimuksen johtopäätöksiä, joiden perusteella olemassa olevan kasvillisuuden ja maaperän säilyttämistä pidetään keskeisenä keinona ylläpitää hiilinieluja ja hiilivarastoja (Hautamäki ym. 2026). Hiilivarastot ovat muodostuneet pitkien aikajaksojen kuluessa, mutta niiden menettäminen voi tapahtua nopeasti. Samalla heikkenee myös alueiden kyky sitoa hiiltä tulevaisuudessa.

Selvityksessä korostuu erityisesti maaperän merkitys maankäyttösektorin ilmastovaikutuksissa. Maaperä muodostaa pääkaupunkiseudun suurimman hiilivaraston, ja sen ominaisuudet vaikuttavat hiilitaseeseen kaikissa tarkastelluissa maankäyttöluokissa. Erityisen merkittäviä ovat ihmistoiminnan alaiset turvemaat, joiden korkeat päästöt näkyvät useissa

maankäyttöluokissa. Turvemaiden ojitustila on keskeinen hiilitaseeseen vaikuttava tekijä, minkä vuoksi myös ojituksen muutokset vaikuttavat merkittävästi maankäyttösektorin ilmastovaikutuksiin.

Selvityksen perusteella maankäyttösektorin hiilitaseeseen vaikuttavat useat samanaikaiset tekijät, joiden merkitys vaihtelee eri aikajänteillä. Eri alueiden ilmastovaikutukset määräytyvät kasvillisuuden hiilen sitoutumisen, maaperän hiilivarastojen ja niiden säilymisen sekä maaperän ominaisuuksien ja ojitustilan yhteisvaikutuksesta. Siksi niiden merkitystä ei voida arvioida yksittäisen maankäyttöluokan perusteella. Hiilitaseeseen vaikuttavat tekijät eivät myöskään määräydy pelkästään nykytilanteen perusteella, vaan ne heijastavat usein aiemman maankäytön pitkäaikaisia vaikutuksia.

Osa hiilitaseeseen vaikuttavista tekijöistä on lisäksi yhteydessä sellaisiin suunnittelun, rakentamisen ja hoidon ratkaisuihin, joilla voidaan vaikuttaa kaupunkivihreän ilmastovaikutuksiin. Kaupunkivihreän hiilensidontaan ja hiilivarastoihin liittyvistä ratkaisuista on viime vuosina kertynyt runsaasti tutkimustietoa, jota on hyödynnetty myös tässä selvityksessä. Erityisesti CO-CARBON-hankkeen tulokset sekä hankkeessa tuotettu *Hiiliviisaan kaupunkivihreän käsikirja* (Hautamäki ym. 2026) kokoavat yhteen tietoa suunnittelun, rakentamisen ja hoidon vaikutuksista kaupunkivihreän ilmastovaikutuksiin.

Maankäytön muutos erottuu muista hiilitaseeseen vaikuttavista tekijöistä erityisesti vaikutustensa nopeuden vuoksi. Siinä missä hiilivarastojen kertyminen, kasvillisuuden kehitys ja monet maaperäprosessit tapahtuvat yleensä pitkällä aikavälillä, voivat maankäytön muutokset muuttaa hiiltä sitovien ja varastoivien alueiden määrää ja ominaisuuksia lyhyessä ajassa. Vaikutukset kohdistuvat usein samanaikaisesti puustoon, muuhun kasvillisuuteen ja maaperään. Rakentamisen yhteydessä menetetään sekä olemassa olevia hiilivarastoja että alueiden tulevaa hiilensidontakykyä, minkä vuoksi maankäytön muutosten vaikutukset ulottuvat sekä nykyisiin että tuleviin ilmastovaikutuksiin.

Hiilinielujen tulevaan kehitykseen vaikuttavat maankäytön muutosten lisäksi myös ilmastonmuutoksen vaikutukset. Tässä selvityksessä määritetty hiilitase kuvaa tarkastelujakson aikaisia olosuhteita, eikä sen perusteella voida suoraan ennustaa hiilinielujen kehitystä pitkällä aikavälillä. Ilmastonmuutoksen arvioidaan lisäävän muun muassa kuivuuden, tuulituhojen, metsäpalojen sekä tuhohyönteisten riskejä (Saksa ym. 2020), mikä voi tulevaisuudessa heikentää metsien kasvua ja hiilensidontaa.

Maankäyttösektorin ilmastovaikutuksia arvioitaessa onkin tärkeää huomioida sekä hitaat että nopeat muutosprosessit. Hiilitaseeseen vaikuttavat samanaikaisesti pitkällä aikavälillä muodostuneiden hiilivarastojen säilyminen, kasvillisuuden hiilensidonta, maaperän ominaisuudet, ilmaston muuttumisen vaikutukset sekä maankäytön muutokset, joiden vaikutukset voivat näkyä nopeasti. Kokonaiskuva maankäyttösektorin ilmastovaikutuksista muodostuu näiden tekijöiden yhteisvaikutuksesta.

11.3 Toistettava menetelmä luo perustan pääkaupunkiseudun hiilivarastojen ja -taseen pitkäjänteiselle seurannalle

Maankäyttösektorin hiilen sitoutumisen, varastoitumisen ja päästöjen laskentaan liittyy epävarmuuksia, jotka johtuvat sekä luonnonprosessien monimutkaisuudesta (Luonnonvarakeskus 2026) että käytettävien aineistojen ja menetelmien rajoitteista. Tässä selvityksessä epävarmuuksia liittyy erityisesti lähtöaineistojen tarkkuuteen, maaperätietoihin, laskennassa käytettyihin lähtöarvoihin sekä luonnonprosessien ajalliseen vaihteluun. Vaikka yksittäisiin tuloksiin liittyy epävarmuuksia, ovat selvityksen keskeiset johtopäätökset johdonmukaisia: maaperä, maankäytön muutokset ja rakennetun ympäristön viherrakenteet ovat keskeisiä tekijöitä hiilitaseen muodostumisessa.

Epävarmuuksista huolimatta hiilivarastojen, hiilinielujen ja maankäytön muutosten laskenta täydentää ilmastotyön tietopohjaa ja tukee maankäyttösektorin ilmastovaikutusten ymmärtämistä. Se tekee näkyväksi hiilivarastojen, hiilen sitoutumisen ja vapautumisen alueelliset erot sekä niiden yhteyden maankäytön ratkaisuihin, mikä auttaa kohdentamaan ilmastotyötä vaikuttavimpiin toimenpiteisiin.

Kaupunkialueiden hiilensidontaa ja hiilivarastoja koskevan tutkimustiedon tarkentuessa myös hiilitaseiden laskentaa voidaan kehittää edelleen. Uudet aineistot, tutkimustulokset ja laskentamenetelmät voivat parantaa ymmärrystä erityisesti maaperän, kaupunkivihreän ja maankäytön muutosten ilmastovaikutuksista. Tämän vuoksi hiilitasetta on tarkoituksenmukaista tarkastella osana jatkuvasti kehittyvää tietopohjaa eikä yksittäisenä lopullisena arviona alueen ilmastovaikutuksista.

Selvityksen yksi keskeinen tulos on dokumentoitu ja toistettava menetelmä, joka luo perustan pääkaupunkiseudun maankäyttösektorin hiilitaseen pitkäjänteiselle seurannalle. Vaikka yksittäinen hiilitasearvo kuvaa alueen nykytilaa, vasta samalla menetelmällä toteutettavat seurantalaskennat mahdollistavat kehityksen luotettavan arvioinnin. Seurannan avulla voidaan tarkastella, miten maankäytön muutokset, kasvillisuuden ja maaperän kehitys sekä mahdolliset muut hiilitaseeseen vaikuttavat tekijät heijastuvat alueen hiilinieluihin, hiilivarastoihin ja päästöihin. Samalla voidaan erottaa maankäytön muutosten vaikutuksia muista hiilitaseeseen vaikuttavista tekijöistä sekä arvioida maankäyttö- ja suunnitteluratkaisujen vaikutuksia pitkällä aikavälillä.

12 Aineistojen ja menetelmien jatkokehitys

Tässä selvityksessä tunnistettiin useita kehittämistarpeita ja -mahdollisuuksia, joiden avulla hiilivarastojen, hiilitaseen ja maankäytön muutosten laskentaa voidaan tulevaisuudessa tarkentaa. Kehittämistarpeet ja -mahdollisuudet liittyvät erityisesti lähtöaineistoihin, laskennan määrittelyyn, laskentamenetelmiin, tutkimustiedon hyödyntämiseen, laskennan laadunvarmistukseen sekä tulosaineistojen käytettävyyteen. Koska kyseessä on ensimmäinen tällä menetelmällä toteutettu pääkaupunkiseudun hiilivarasto- ja hiilitaseselvitys, tulokset tarjoavat samalla perustan menetelmän jatkokehittämiselle ja tuleville seurantalaskennoille. Tässä luvussa kuvataan keskeiset jatkokehitystarpeet ja -mahdollisuudet sekä niiden merkitys menetelmän edelleen kehittämiselle.

12.1 Lähtöaineistot

Laskennassa hyödynnettiin useita paikkatieto-, tilasto- ja tutkimusaineistoja, joiden alueellinen tarkkuus ei kaikilta osin vastannut kaupunkikohtaista tarkastelutasoa. Osa lähtötiedoista oli saatavilla ainoastaan Uudenmaan tai muun laajemman alueen tasolla, minkä vuoksi samoja tilastollisia lähtöarvoja sovellettiin usean kaupungin alueelle. Jatkossa kaupunkikohtaisten tilastoaineistojen ja lähtötietojen saatavuuden parantaminen mahdollistaisi hiilivarastojen ja hiilitaseiden nykyistä tarkemman alueellisen kohdentamisen sekä vähentäisi alueellisiin yleistyksiin liittyvää epävarmuutta. Erityisesti kaupunkikohtaiset tiedot puuston poistumista, viheralueiden hoidosta sekä maankäyttöluokkien käyttö- ja hoitokäytännöistä mahdollistaisivat hiilivarastojen ja hiilitaseiden nykyistä tarkemman alueellisen kohdentamisen. Käytettyjä lähtöaineistoja myös verrattiin HSY:n tilaamaan laskentaan vuodelta 2020 (Simosol Oy ym. 2020) ja Helsingin laatimaan laskentaan vuodelta 2024 (Könönen ja Eräranta 2024). Nämä vertailut on esitetty liitteessä 12A.

Jatkoa varten tulisi myös tarkastella laskennan tarkasteluajankohdan ja lähtöaineistojen tuotantoajankohtien yhteensovittamista. Esimerkiksi Helsingin seudun maanpeiteaineisto tuotetaan ortoilmakuvan perusteella, jolloin maanpeiteaineisto kuvaa tuotantovuottaan edeltävää tilannetta. Mikäli tarkasteluajankohta olisi ortoilmakuvan kuvausvuosi, voisi tarkasteluajankohta tarkemmin kuvastaa olemassa olevien viheralueiden ja viherrakenteiden tilannetta. Näin erityisesti maankäytön muutoksen tuloksena syntyvät tulkinnat ja laskenta ajoittuisi todellisiin muutoksiin tarkemmin.

12.2 Laskennan määrittely

Maankäyttöluokkien, laskentaluokkien ja tulosten esittämisen aluerajausten määrittely muodostaa keskeisen osan hiilivarastojen ja hiilitaseiden laskentaa. Jatkossa määrittelyn tarkentaminen voisi vähentää yleistyksiin liittyviä epävarmuuksia sekä mahdollistaa nykyistä yksityiskohtaisemman tarkastelun.

Keskeisiä kehittämiskohteita ovat taajamametsien nykyistä tarkempi tunnistaminen sekä rakennetun ympäristön viherrakenteiden yksityiskohtaisempi luokittelu. Erityisesti sellaisten metsäalueiden tunnistamista voidaan kehittää, jotka eivät kuulu kaupunkien kunnossapidon piiriin mutta sijaitsevat osana taajamarakennetta. Samalla rakennetun ympäristön viherrakenteita voidaan tulevaisuudessa luokitella nykyistä tarkemmin hyödyntämällä uusia lähtöaineistoja, yhtenäisempiä määrittelyjä ja tarkempia mittaustietoja. Rakennetun ympäristön viherrakenteiden määrittelyssä voisi hyödyntää jatkossa esimerkiksi Kassi ym. (2025) määrittelemiä luontotyyppejä, mikäli näihin perustuvia lähtöaineistoja olisi saatavilla.

Määrittelyn tarkentaminen ei vaikuta ainoastaan yksittäisten maankäyttöluokkien tuloksiin, vaan myös hiilivarastojen ja hiilitaseiden alueelliseen kohdentumiseen. Tämän vuoksi määrittelyvaiheen menettelyiden ja ratkaisujen kehittäminen on keskeinen osa laskennan kokonaisluotettavuuden parantamista. Kosteusolosuhteiden nykyistä tarkempi huomioiminen parantaa ekosysteemien luokittelun tarkkuutta. Topografiaan perustuvat kosteusindeksit, kuten Topographic Wetness Index (TWI), voisivat tukea kosteiden elinympäristöjen tunnistamista sekä maankäyttöluokkien nykyistä tarkempaa ekologista erottelua.

Helsingin seudun maanpeiteaineisto toimi tulosten kohdentamisen ja esittämisen perustana. Sen avulla tulokset voitiin esittää kasvillisuuden tarkkoja rajauksia vastaavina kohteina. Jatkossa tulosten esittämistä voitaisiin täydentää laskemalla tulokset myös vakiokokoiseen ruudukkoon sen jälkeen, kun ne on kohdennettu maanpeiteaineistoon. Tämä mahdollistaisi alueellisesti yhtenevän vertailun eri vuosien välillä ja parantaisi siten seurantalaskentojen vertailukelpoisuutta. Samalla säilyisi mahdollisuus tarkastella tuloksia myös maanpeiteaineiston mukaisina kohteina. On hyvä huomioida, että ruudukko myös heikentää tarkkuustasoa, joten molemmat esittämistavat voisivat olla tarpeen. Ruudukkotarkastelun käyttöönottoa

varten olisi tarpeen arvioida optimaalinen ruutukoko ja testata erikokoisten ruudukkojen soveltuvuutta käytettävyyden, tiedostokoon ja tulosten tarkkuuden näkökulmista.

12.3 Laskentamenetelmien kehittämismahdollisuudet

Selvityksen toteutuksen yhteydessä tunnistettiin useita laskentamenetelmiin liittyviä kehittämismahdollisuuksia. Seuraavissa alaluvuissa tarkastellaan puuston, matalan kasvillisuuden, maaperän sekä maankäytön muutosten laskentaan liittyviä jatkokehitysmahdollisuuksia. Käytettyjä menetelmiä myös verrattiin HSY:n 2020 tilaamaan laskentaan ja Helsingin 2024 laatimaan laskentaan. Nämä vertailut on esitetty liitteessä 12B.

12.3.1 Puuston laskentamenetelmä

Puuston hiilivarastojen ja hiilitaseen laskennan keskeisin kehittämistarve liittyy poistumatiedon tarkkuuteen. Tässä selvityksessä puuston poistuma laskettiin Metsäkeskuksen metsävarakuvioiden tietojen muutosten sekä maankäytön muutosten hiilitaselaskennan perusteella. Menetelmä soveltuu hyvin alueellisen tason tarkasteluun, mutta erityisesti kaupunkialueilla puuston poistumista kuvaavat tiedot voisivat olla nykyistä tarkempia ja kattavampia. Tarkempi tieto taajamametsien hoitotoimenpiteistä sekä rakentamisen yhteydessä poistuvasta puustosta parantaisi hiilitasearvojen luotettavuutta.

Lisäksi voidaan arvioida tarvetta muuttaa Metsävarakuvioiden tarkasteluajankohta kesäkuun tilanteesta vuoden lopun tilannetta vastaavaksi. Tämä parantaisi laskennan yhteensopivuutta vuosittaisten seuranta- ja raportointijaksojen kanssa sekä helpottaisi eri vuosien tulosten vertailua.

Kaupunkialueiden puustolle paremmin soveltuvien kasvu- ja biomassamallien kehittäminen voisi vähentää epävarmuutta erityisesti rakennetun ympäristön viheralueilla. Kaupunkipuusto poikkeaa usein rakenteeltaan, kasvupaikkaolosuhteiltaan ja hoidoltaan talousmetsistä, joihin monet nykyisetkin laskentamallit perustuvat.

12.3.2 Matalan kasvillisuuden laskentamenetelmä

Matalan kasvillisuuden osuus hiilitaseesta oli puustoa pienempi, mutta sen pinta-ala on laaja erityisesti rakennetun ympäristön viherrakenteissa. Tämän vuoksi kasvillisuustyyppien tarkempi tunnistaminen voisi parantaa erityisesti kaupunkiympäristön hiilitaseiden alueellista yksityiskohtaisuutta ja erottelua.

Jatkossa tarkemmat kasvillisuusjakaumat, uudet kaukokartoitusaineistot sekä tutkimustieto eri kasvillisuustyyppien hiilitaseista voisivat mahdollistaa hiilivarastojen ja hiilitaseiden nykyistä tarkemman laskennan ja kohdentamisen. Myös hoitokäytäntöjen vaikutusten huomioimista voidaan kehittää erityisesti rakennetun ympäristön viherrakenteissa. Matalan kasvillisuuden yksityiskohtaisempi kuvaaminen voisi tarkentaa erityisesti rakennetun ympäristön viherrakenteiden hiilitaseiden laskentaa.

12.3.3 Maaperän laskentamenetelmä

Maaperä muodosti selvityksessä suurimman yksittäisen hiilivaraston, minkä vuoksi maaperään liittyvät lähtöaineistot ja laskentamenetelmät ovat keskeinen jatkokehityskohde. Erityisesti turvemaiden nykyistä tarkempi määrittely, turpeen paksuuden huomioiminen sekä ojitustilanteen muutosten seuranta voisivat tarkentaa hiilivarastojen laskentaa.

Tulevaisuudessa esimerkiksi Räsänen ym. (2023) Maatalousmaiden turvetieto -hankkeen tuloksena syntynyttä aineistoa voitaisiin hyödyntää nykyistä yksityiskohtaisemman turvemaaluokituksen laatimisessa sekä turpeen paksuuden tarkemmassa huomioimisessa laskennassa. Lisäksi turvemaiden ojitustilanteen muutokset tulisi huomioida ajantasaisilla aineistoilla siten, että myös ennallistetut ja muuttuneet turvemaat voidaan tunnistaa luotettavasti. Koska maaperä muodostaa merkittävän osan maankäyttösektorin hiilivarastoista, voivat maaperätietojen ja laskentamenetelmien tarkennukset parantaa olennaisesti koko maankäyttösektorin hiilivarastojen tulosten luotettavuutta.

Nettoekosysteemitaseen hyödyntämistä voitaisiin jatkossa kehittää erottamalla nykyistä tarkemmin se hiilen osuus, joka kartuttaa maaperän hiilivarastoa. Käytetty nettoekosysteemitase kuvaa vuosittaista hiilitasevaikutusta oikein, eikä tällä kehitystarpeella ole vaikutusta tässä selvityksessä esitettyihin hiilitaseisiin. Tarkempi tieto hiilen kohdentumisesta maaperään ja kasvillisuuteen parantaisi kuitenkin maaperän hiilivarastojen muutosten seurantaa sekä maaperän roolin huomioimista hiilitaseiden laskennassa. Samalla se tukisi selvityksen jatkuvuutta ja mahdollistaisi maaperän hiilivarastojen kehityksen nykyistä luotettavamman seurannan tulevissa seurantalaskennoissa.

12.3.4 Maankäytön muutoksen analyysi ja laskentamenetelmä

Maankäytön muutosten tarkastelua voidaan kehittää usealla tavalla. Tässä selvityksessä tarkastelu kohdistui kasvullisten alueiden muuttumiseen rakennetuksi ympäristöksi. Jatkossa tarkastelua voitaisiin laajentaa myös päinvastaisiin

tilanteisiin, joissa rakennettu ympäristö muuttuu viherrakenteeksi. Tällöin maankäytön muutosten kokonaisvaikutuksia voitaisiin arvioida nykyistä kattavammin.

Myös maankäytön muutosten tunnistamisen analyysisääntöjä voidaan edelleen kehittää. Erityisesti puustoisten alueiden muuttuminen matalaksi kasvillisuudeksi sekä muut vaikeammin tunnistettavat muutostilanteet voisivat tulla nykyistä paremmin huomioiduiksi osana analyysiä. Lisäksi rakennetun ja rakentamattoman paljaan maan tarkempi erottelu vähentäisi tulkinnallisia epävarmuuksia ja parantaisi maankäytön muutosten ilmastovaikutusten arviointia.

12.3.5 Laskentamenetelmän osatekijöiden merkitys

Tämän selvityksen yhteydessä hiilivarastojen ja hiilitaseen muodostumista tarkasteltiin yksityiskohtaisesti puuston, matalan kasvillisuuden, maaperän ja maankäytön muutosten osatekijöiden kautta. Tulosten perusteella on mahdollista arvioida eri osatekijöiden suhteellista merkitystä kokonaisuudessa.

Selvitys tarjoaa siten tietopohjaa menetelmän jatkokehittämisen kohdentamiseen sekä vaihtoehtoisten toteutustapojen ja lähtöaineistojen tarkasteluun tulevissa seurantalaskennoissa. Samalla se mahdollistaa arvioinnin siitä, missä määrin menetelmää voidaan tulevaisuudessa keventää ilman, että tulosten käyttökelpoisuus olennaisesti heikkenee. Mahdollisten muutosten vaikutuksia tulosten tarkkuuteen ja käyttökelpoisuuteen ei kuitenkaan arvioitu tässä työssä, minkä vuoksi on suositeltavaa, että tässä selvityksessä kehitetty laskentamenetelmä on seurantalaskentojen ensisijainen lähtökohta.

12.4 Tutkimustulosten soveltaminen

Osa laskennassa käytetyistä arvoista perustuu tutkimuskirjallisuuteen, jonka saatavuus ja tarkkuus vaihtelevat maankäyttöluokittain. Tämän vuoksi tutkimustiedon jatkuva hyödyntäminen ja päivittäminen muodostavat tärkeän osan menetelmän jatkokehittämistä.

Viime vuosina erityisesti rakennetun ympäristön viherrakenteiden, kaupunkipuuston, maaperän hiilivarastojen sekä kosteikkojen ilmastovaikutuksista on julkaistu runsaasti uutta tutkimusta. Tämän tutkimustiedon hyödyntäminen voi tulevaisuudessa parantaa laskennan tarkkuutta, alueellista kohdentamista ja tulosten vertailtavuutta.

Kosteikot tarjoavat hyvän esimerkin tutkimustulosten hyödyntämisen merkityksestä laskennan kehittämisessä. Tässä selvityksessä rantakosteikkojen hiilivaraston ja hiilitaseen laskentaan liittyi muita maankäyttöluokkia enemmän oletuksia ja yleistyksiä saatavilla olevan tutkimustiedon rajallisuuden vuoksi. Jatkossa rantakosteikkojen hiilivarastoja ja hiilitasetta koskevien arvojen tarkentaminen tutkimuskirjallisuuden perusteella parantaisi kosteikkojen ilmastovaikutusten arvioinnin tarkkuutta.

12.5 Laadunvarmistus

Selvityksen aikana havaittiin muutamia teknisiä yksityiskohtia, jotka eivät olennaisesti vaikuta tuloksiin, mutta joiden huomioiminen parantaisi laskennan johdonmukaisuutta ja toistettavuutta. Kyseessä oli ensimmäinen kerta, kun pääkaupunkiseudun hiilivarasto- ja hiilitaselaskenta toteutettiin HSY:n omana työnä laajana paikkatietopohjaisena selvityksenä konsulttityön sijaan. Menetelmän ensimmäinen käytännön soveltaminen ja tarkka dokumentointi toi esiin prosessin laadunvarmistukseen liittyviä kehityskohteita.

Laskentaprosessin yhteydessä havaittiin, että osassa laskentaketjuja arvoja pyöristettiin välivaiheissa ennen lopullisia laskutoimituksia. Tämä voi aiheuttaa pieniä eroja lopputuloksiin erityisesti pitkissä laskentaketjuissa, joissa sama tieto kulkee useiden käsittelyvaiheiden kautta. Jatkossa pyöristykset tulisi tehdä vasta laskentaprosessin viimeisessä vaiheessa tai vaihtoehtoisesti dokumentoida käytetyt pyöristyssäännöt yhtenäisesti koko prosessille.

Selvityksen yhteydessä havaittiin myös yksittäinen matalan kasvillisuuden menetelmän johdonmukaisuuteen liittyvä epäyhdenmukaisuus käyttöniittyjen kasvillisuusjakaumissa. Käyttöniittyjen kasvillisuuden hiilivaraston laskennassa käytettiin jakaumaa, jossa kasvillisuudesta 70 % tulkittiin nurmikoksi ja 30 % niityksi, kun taas hiilitaseen laskennassa vastaava jakauma oli päinvastainen eli 30 % nurmikkoa ja 70 % niittyä. Havainto ei vaikuta merkittävästi tuloksiin, mutta korostaa tarvetta dokumentoida ja tarkistaa laskennassa käytetyt arvot ja oletukset systemaattisesti, jotta laskentaketjun eri vaiheissa käytettävät arvot säilyvät yhdenmukaisina.

Loppuraporttia kirjoitettaessa havaittiin avohakkuiden käsittelyyn liittyvä poikkeama puuston hiilitaseen absoluuttisissa tuloksissa. Puuston osatekijäkohtaisissa absoluuttisissa hiilitasearvoissa oli noin 2,1 kt CO_2/v hiilinielua vähemmän verrattuna pinta-alapainotettujen hehtaarikohtaisten arvojen perusteella laskettuun tulokseen. Vaikutus kohdistui rajattuun määrään laskettavia kohteita erityisesti Espoossa ja Vantaalla. Poikkeama ei vaikuta paikkatietoaineistojen käyttöön tai kohdekohtaisten tulosten tulkintaan, vaan tulee esiin ainoastaan silloin, kun kaikkien kohteiden puuston absoluuttiset t_puuCO2-arvot summataan aineiston perusteella yhteen. Raportissa esitetyt puuston kokonaistulokset korjattiin vastaamaan pinta-alapainotettua laskentaa, minkä vuoksi puuston absoluuttisissa arvoissa on vähäinen ero raportin

tunnuslukujen ja julkaistujen paikkatietoaineistojen välillä. Havainto korostaa tarvetta kiinnittää erityistä huomiota pinta-alapainotettujen tunnuslukujen laadunvarmistukseen tulevissa seurantalaskennoissa.

Koska kyseessä oli menetelmän ensimmäinen käytännön toteutus, voisi olla hyödyllistä toteuttaa ulkoinen auditointi tai riippumaton vertaisarviointi tulevien seurantalaskentojen yhteydessä. Vaikka menetelmän kehittämisessä hyödynnettiin laajasti tutkimuskirjallisuutta sekä tutkijoiden ja muiden asiantuntijoiden tukea, olivat laskennan toteutus, tarkistus ja laadunvarmistus yksinomaan selvityksen tekijöiden vastuulla. Ulkopuolinen tarkastus voisi auttaa tunnistamaan sellaisia laskennallisia epävarmuuksia ja kehityskohteita, joita tekijät eivät välttämättä itse havaitse. Samalla se auttaisi vahvistamaan menetelmän läpinäkyvyyttä, luotettavuutta ja uskottavuutta.

12.6 Tulosaineiston hyödyntäminen

Menetelmän jatkokehityksessä on tärkeää huomioida myös tulosaineiston käytettävyys. Käyttäjiltä saatava palaute voi auttaa tunnistamaan uusia kehittämistarpeita sekä aineiston hyödyntämiseen liittyviä haasteita. Samalla voidaan arvioida mahdollisuuksia keventää aineiston tiedostokokoa tarkoituksenmukaisen yleistämisen avulla säilyttäen kuitenkin laskennan kannalta keskeinen tietosisältö. Esimerkiksi aineiston tietosisällön osalta voidaan jatkossa arvioida, missä määrin kaikkien absoluuttisten tulostietojen sisällyttäminen aineistoihin on tarkoituksenmukaista suhteessa niiden käyttötarkoitukseen.

Lisäksi tulosaineiston visualisointia, metatietoja ja dokumentointia voidaan kehittää siten, että aineisto soveltuu nykyistä paremmin suunnittelun, seurannan ja jatkoanalyysien tueksi. Näin aineistojen hyödyntäminen helpottuu sekä käytännön suunnittelutyössä että tutkimuskäytössä.

Tässä luvussa esitetyt kehittämistarpeet kattavat koko laskentaketjun lähtöaineistoista tulosaineiston hyödyntämiseen. Kokonaisuutena jatkokehitystarpeet liittyvät ennen kaikkea lähtöaineistojen tarkentamiseen, ekologisten ominaisuuksien nykyistä parempaan huomioimiseen sekä alueellisesti yksityiskohtaisemman tiedon hyödyntämiseen. Näiden kehittämistoimien avulla maankäyttösektorin hiilivarastojen, hiilitaseen ja maankäytön muutosten tarkastelua voidaan tulevaisuudessa toteuttaa nykyistä tarkemmin ja luotettavammin sekä tuottaa entistä paremmin kaupunkikohtaiseen suunnitteluun ja päätöksentekoon soveltuvaa tietoa.

13 Lähdeluettelo

Akujärvi, A., Nirhamo, A., Heikkinen, R. K., Pykälä, J., Saikkonen, O., Green, T., Peltoniemi, M. & Mäkelä, A. (2026) The relationship between tree carbon dynamics and the occurrences of epiphytes of conservation concern in boreal unmanaged forests. *European Journal of Forest Research* 145, 1–16.

Alm, J., Wall, A., Myllykangas, J.-P., Ojanen, P., Heikkinen, J., Henttonen, H. M., Laiho, R., Minkkinen, K., Tuomainen, T. & Mikola, J. (2023) A new method for estimating carbon dioxide emissions from drained peatland forest soils for the greenhouse gas inventory of Finland. *Biogeosciences* 20, 3827–3855.

Bisander, T., Prytherch, J. & Brüchert, V. (2025) Methane ebullition as the dominant pathway for carbon sea-air exchange in coastal, shallow water habitats of the Baltic Sea. *Biogeosciences* 22(18), 4779–4796.

Collalti, A. & Prentice, I. C. (2019) Is NPP proportional to GPP? Waring's hypothesis 20 years on. *Tree Physiology* 39(8), 1473–1483.

Espoon kaupunki (2026) WFS-aineistot: GIS:InfPark, GIS:InfStreet, GIS:InfVegetation. *Paikkatiedon avoin data*. https://www.espoo.fi/fi/paikkatiedon-avoin-data. 2.10.2026.

Euroopan parlamentti ja Euroopan unionin neuvosto (2023) Asetus (EU) 2023/839 asetuksen (EU) 2018/841 muuttamisesta maankäytön, maankäytön muutoksen ja metsätalouden (LULUCF) osalta sekä asetuksen (EU) 2018/1999 muuttamisesta seurannan, raportoinnin ja tarkastelun osalta. *EUR-Lex*. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX:32023R0839.

Geologian tutkimuskeskus (2023) Soiden ja turvemaiden ravinteisuustaso 1.0/2023. *Paikkatietotuotteet*. https://tupa.gtk.fi/paikkatieto/meta/soiden_ja_turvemaiden_ravinteisuustaso.html. 3.11.2023.

Geologian tutkimuskeskus (2024) Turvemaiden alueellinen hiilivarasto. https://tupa.gtk.fi/paikkatieto/meta/turvemaiden_alueellinen_hiilivarasto_tn_c_km.html. 31.5.2024.

Geologian tutkimuskeskus (2026a) Kartoitetut suoalueet. *Suot ja turvemaat*. https://gtkdata.gtk.fi/Turvevarojen_tilinpito/. 14.7.2026.

Geologian tutkimuskeskus (2026b) Layer: tutkitut_turvealueet (ID: 13). *ArcGIS REST Services Directory*. https://gtkdata.gtk.fi/arcgis/rest/services/Rajapinnat/GTK_Maapera_WFS/MapServer/13. 14.7.2026.

Hallitustenvälinen ilmastonmuutospaneeli (2006) *2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories*. Eggleston, H.S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T. & Tanabe, K. (toim.). IGES, Japani.

Hallitustenvälinen ilmastonmuutospaneeli (2014) *2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands*. Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., Fukuda, M. & Troxler, T. G. (toim.). IPCC, Sveitsi.

Hautamäki, R., Alatalo, E., Ariluoma, M., Castellazzi, E., García-Antúnez, O., Hohenthal, J., Järvi, L., Kulmala, L., Leppänen, P.-K., Moinel, C., Ryymin, E., Tahvonen, O., Talvitie, I. & Virtanen, V. (2026) *Hiiliviisaan kaupunkivihreän käsikirja*. Co-Carbon.

Helsingin kaupunki (2019) Helsingin kaupungin yleisten alueiden rekisteri. *Helsingin kaupunkiympäristön toimiala*. https://hri.fi/data/dataset/helsingin-kaupungin-yleisten-alueiden-rekisteri.

Helsingin seudun ympäristöpalvelut (2022 ja 2024) Helsingin seudun maanpeiteaineisto. https://www.hsy.fi/maanpeiteaineisto/. 14.02.2025.

Hevosalan osaamiskeskus ry, Suomen Hippos ry & Suomen ratsastajainliitto ry (2024) *Hevostalous lukuina 2024*. Suomen Hippos ry.

Ihalainen, A. (2013) Metsähukkapuu ja luonnonpoistuma poistumatilastoissa. *Metsätieteen aikakauskirja* 3, 609–623.

Ilmatieteen laitos (1990–2024) Havaintojen lataus. https://www.ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus.

Ilvesniemi, H., Levula, J., Ojansuu, R., Kolari, P., Kulmala, L., Pumpanen, J., Launiainen, S., Vesala, T. & Nikinmaa, E. (2009) Long-term measurements of the carbon balance of a boreal Scots pine dominated forest ecosystem. *Boreal Environment Research* 14,

731–753.

Järvi, L., Kulmala, L., Lee, H. S., Ariluoma, M., Havu, M. & Hautamäki, R. (2024) *Hiedanrannan hiilinielut ja hiilinielujen lisäämisen keinot*. Co-Carbon.

Karvinen, E., Backman, L., Järvi, L. & Kulmala, L. (2024) Soil respiration across a variety of tree-covered urban green spaces in Helsinki, Finland. *Soil* 10(1), 381–406.

Kassi, T., Jalkanen, J., Pursiainen, A., Mahlio, O., Lähde, E., Hannula, A., Huttunen, J., Nieminen, E., Halme, P. & Tuomisaari, J. (2025) *Rakennetun ympäristön luontotyypit ja niiden ekologisen tilan arviointi (luonnos 27.3.2025)*. ARVO-hanke ja BOOST-hanke.

Kauniaisten kaupunki (2025) Kauniaisten viheralueiden hoitoluokat. Henkilökohtainen sähköpostiviesti paikkatietoasiantuntija Mikko Pusalta Lassi Sarlokselle 29.8.2025.

Kolari, P., Pumpanen, J., Kulmala, L., Ilvesniemi, H., Nikinmaa, E., Grönholm, T. & Hari, P. (2006) Forest floor vegetation plays an important role in photosynthetic production of boreal forests. *Forest Ecology and Management* 221(1–3), 241–248.

Kulmala, L. (2011) *Photosynthesis of ground vegetation on Scots pine forests*. Dissertationes Forestales 132. 45 s.

Könönen, S. & Eräranta, S. (2024) *Helsingin viheralueiden luonnolliset hiilinielut – Laskentamenetelmä.* Ilmastoyksikön menetelmiä 2024(1). 41 s. Helsingin kaupunki.

Landsberg, J. J., Waring, R. H. & Williams, M. (2020) The assessment of NPP/GPP ratio. *Tree Physiology* 40(6), 695–699.

Luonnonvarakeskus (1999–2024) Viljelykasvien sato maakunnittain. *Tilastotietokanta*. https://statdb.luke.fi/PxWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE__maa__sattil/0100_sattil.px/.

Luonnonvarakeskus (2009–2023) Kuolleen puuston keskitilavuus metsämaalla (m³/ha). *Tilastotietokanta*. https://statdb.luke.fi/PxWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE__met__06%20Metsavarat/2.06_Kuolleen_puuston_keskitilavuus_metsam.px/.

Luonnonvarakeskus (2014–2024a) Energiapuun puukauppamäärät neljännesvuosittain. *Tilastotietokanta*. https://statdb.luke.fi/PxWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE__met__enekau/0200_enekau.px/.

Luonnonvarakeskus (2014–2024b) Kotieläinten lukumäärä 1.4. ja 1.5. kunnittain. *Tilastotietokanta*. https://statdb.luke.fi/PxWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE__maa__kotlkm/0200_kotlkm.px/.

Luonnonvarakeskus (2015–2024a) Hakkuukertymä (1000 m³) omistajaryhmittäin ja maakunnittain 2015–. *Tilastotietokanta*. https://statdb.luke.fi/PxWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE__met__hakker/0100_hakker.px/.

Luonnonvarakeskus (2015–2024b) Puuston poistuma (1000 m³) omistajaryhmittäin ja maakunnittain 2015–. *Tilastotietokanta*. https://statdb.luke.fi/PxWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE__met__hakker/0300_hakker.px/.

Luonnonvarakeskus (2021–2024) Puun markkinahakkuut kunnittain (kaikki omistajaryhmät yhteensä). *Tilastotietokanta*. https://statdb.luke.fi/PxWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE__met__marhak__v/0700_marhak.px/.

Luonnonvarakeskus (2023) Vuoden 2023 MVMI-tulokset. *Avoimien paikkatietoaineistojen latauspalvelut*. https://kartta.luke.fi/. 22.10.2025.

Luonnonvarakeskus (2025a) Luke ja HSY – Hiilitaselaskennan tapaaminen vol 1 – metsämaat. Tapaaminen tutkija Jukka-Pekka Myllykankaan kanssa, haastattelijana Lassi Sarlos. Sekä täydennys tietoihin sähköpostiviesti tutkija Jukka-Pekka Myllykankaalta Lassi Sarlokselle 24.6.2025.

Luonnonvarakeskus (2025b) Ojitettujen turvemaiden päästökertoimet. Henkilökohtainen sähköpostiviesti tutkija Jukka-Pekka Myllykankaalta Lassi Sarlokselle 12.8.2025.

Luonnonvarakeskus (2026) Hiilinielulaskennan analyysi: Epävarmuuksista huolimatta paras käytettävissä oleva työkalu ilmastotoimien kohdentamiseen. https://www.luke.fi/fi/uutiset/hiilinielulaskennan-analyysi-epavarmuuksista-huolimatta-paras-kaytettavissa-oleva-tyokalu-ilmastotoimien-kohdentamiseen. 26.1.2026.

Maanmittauslaitos (2025) Maanmittauslaitoksen maastotietokohteet. https://www.maanmittauslaitos.fi/media/31472/download. 27.5.2025.

Maanmittauslaitos (2026) Maastotietokanta. https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/tiedostopalvelu/maastotietokanta?lang=fi. 2.10.2026.

Malone, T., Azzaro, M., Bode, A., Brown, E., Duce, R., Kamykowski, D., Kang, S. H., Yin, K., Thorndyke, M., Wang, J., Park, C., Calumpong, H. & Eghtesadi, P. (2017) Primary production, cycling of nutrients, surface layer and plankton. Teoksessa *The First*

Global Integrated Marine Assessment (World Ocean Assessment I), 45. Yhdistyneet kansakunnat, New York.

Minkkinen, K. & Laine, J. (1998) Effect of forest drainage on the peat bulk density of pine mires in Finland. *Canadian Journal of Forest Research* 28(2), 178–186.

Moinel, C., Kuittinen, M. & Hautamäki, R. (2024) Estimating CO2 flows in urban parks: knowns and unknowns. *Frontiers in Sustainable Cities* 6, 1–17.

Muukkonen, P. & Mäkipää, R. (2006) Empirical biomass models of understorey vegetation in boreal forests according to stand and site attributes. *Boreal Environment Research* 11(5), 355–369.

Palviainen, M. (2005) *Logging residues and ground vegetation in nutrient dynamics of a clear-cut boreal forest*. Dissertationes Forestales 12.

Poeplau, C., Marstorp, H., Thored, K. & Kätterer, T. (2016) Effect of grassland cutting frequency on soil carbon storage – a case study on public lawns in three Swedish cities. *Soil* 2(2), 175–184.

Räsänen, T. A., Myllys, M., Kekkonen, H., Salo, T., Pitkänen, T., Laatikainen, M., Laine-Petäjäkangas, A., Väänänen, T., Palmu, J.-P., Kivimäki, A. & Oksanen, J. (2023) *Turvepeltolohkojen määrittely ja tunnistaminen: Maatalousmaiden turvetieto (MaaTu) -hankkeen raportti*. Luonnonvarakeskus.

Saksa, T., Repo, T., Sarkkola, S., Repo, A., Lehtonen, A., Akujärvi, A. & Soimakallio, S. (2020) *Ilmastonmuutos ja metsänhoito*. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus. Luonnonvarakeskus, Helsinki.

Simosol Oy, Ramboll Oy & Tapio Oy (2020) *Selvitys pääkaupunkiseudun hiilinieluista ja -varastoista - Loppuraportti.* 50 s. Helsingin seudun ympäristöpalvelut.

Suomen metsäkeskus (2015–2024) Metsävarakuviot. https://avoin.metsakeskus.fi/aineistot/Historia/Metsavarakuviot/.

Suomen metsäkeskus (2020 ja 2024) Hila-aineisto. https://avoin.metsakeskus.fi/aineistot/Historia/Hila/.

Suomen metsäkeskus (2023) Tietotuotekuvaus. https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/document/tietotuotekuvaus-metsavarakuviot.pdf. 27.11.2023.

Suomen ympäristökeskus (2021) Maatalousmaa 2021. https://ckan.ymparisto.fi/dataset/maatalousmaa-2021. 7.3.2023.

Suomen ympäristökeskus (2025a) Asemakaavoitettu alue. https://ckan.ymparisto.fi/fi/dataset/asemakaavoitettu-alue. 18.11.2025.

Suomen ympäristökeskus (2025b) Asuinalueet. https://ckan.ymparisto.fi/dataset/asuinalueet. 16.9.2025.

Thölix, L., Backman, L., Havu, M., Karvinen, E., Soininen, J., Trémeau, J., Nevalainen, O., Ahongshangbam, J., Järvi, L. & Kulmala, L. (2025) Carbon sequestration in different urban vegetation types in Southern Finland. *Biogeosciences* 22(3), 725–749.

Tilastokeskus (2025) *Greenhouse Gas Emissions in Finland 1990 to 2023*. Tilastokeskus.

Tommila, T., Tahvonen, O. & Kuittinen, M. (2024) How much carbon can shrubs store? Measurements and analyses from Finland. *Urban Forestry & Urban Greening* 101, 1–10.

Trémeau, J., Olascoaga, B., Backman, L., Karvinen, E., Vekuri, H. & Kulmala, L. (2024) Lawns and meadows in urban green space – a comparison from perspectives of greenhouse gases, drought resilience and plant functional types. *Biogeosciences* 21(4), 949–972.

Tuomi, M., Thum, T., Järvinen, H., Fronzek, S., Berg, B., Harmon, M. E., Trofymow, J. A., Sevanto, S. & Liski, J. (2009) Leaf litter decomposition—Estimates of global variability based on Yasso07 model. *Ecological Modelling* 220(23), 3362–3371.

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.

Turunen, J., Anttila, J., Laine, A. M., Ovaskainen, J., Laatikainen, M., Alm, J. & Larmola, T. (2024) Impacts of forestry drainage on surface peat stoichiometry and physical properties in boreal peatlands in Finland. *Biogeochemistry* 167, 589–608.

Vantaan kaupunki (2025) HSY Hiilitaseselvitys 2025 – aineistoja Vantaalta tueksi laskentaan? Henkilökohtainen sähköpostiviesti projektikoordinaattori Janne Mörttiseltä Lassi Sarlokselle 17.9.2025.

Viherympäristöliitto (2020) *RAMS 2020 – Päätöksentekijän opas viheralueiden kunnossapitoluokitukseen*. Viherympäristöliitto,

Helsinki.

Väylävirasto (2023) *Viherrakentaminen ja -hoito tieympäristössä*. Väylävirasto, Helsinki.

Williamson, M. F., Jilbert, T., Norkko, A. & Gustafsson, C. (2026) Carbon storage in coastal reed ecosystems. *Biogeosciences* 23(4), 1327–1340.

Yhdistyneet kansakunnat (2024) Finland. 2024 Common Reporting Table (CRT). https://unfccc.int/documents/644963. 17.12.2024.

Yhdistyneiden kansakuntien elintarvike- ja maatalousjärjestö (2020) *Global Forest Resources Assessment 2020: Terms and Definitions. FAO Forestry Paper 188*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rooma.

14 Liitteet

Tähän lukuun on koottu laskennan eri vaiheita, lähtöarvoja, vertailua ja tuloksia kuvaavat liitetaulukot sekä tarvittaessa tarkempi kuvaus vaiheen laskennasta. Liitteiden numerointi on sidottu raportin rakenteeseen siten, että liitteen numero viittaa siihen päälukuun, jossa aihetta käsitellään ja liitteeseen viitataan. Numeron perässä oleva kirjain osoittaa liitteen järjestyksen kyseisen pääluvun liitteiden joukossa.

14.1 Liite 6A: Maankäytön ja maaperän yhdistelmäluokat

Taulukko 14-1. Määrittelyn tuloksena syntyneet maankäytön ja maaperän yhdistelmäluokat kivennäismailla.

paaluokka	alaluokka	kohdeluokk	kasvillisu
metsa	kangas	lehto, lehtomainen kangas, tuore kangas, kuivahko kangas, kuiva kangas, karukkokangas, muu metsa, kalliomaa tai hietikko	kangasmetsan aluskasvillisuus
metsa	kangas	kangas	taimikko tai varvikko
avoin viheralue	niitty	arvoniitty, maisemaniitty, avoin alue, muu niitty, muu niitty tai nurmikko, hietikon viheralue, sahkolinjan viheralue	niittykasvit
avoin viheralue	niitty	kayttoniitty	nurmikko ja niittykasvit
avoin viheralue	niitty	maisemapelto	yksi- tai monivuotiset kasvit
rakennetun ympariston viherrakenne	viheralue	rakennettu arvoviheralue, toimintaviheralue, kayttoviheralue, hautausmaan viheralue, puiston viheralue	nurmikko, niittykasvit, istutukset ja pensaat
rakennetun ympariston viherrakenne	viheralue	allas, autoliikennealueen viheralue, hautausmaan viheralue, jatteenkasittelyalueen viheralue, kayttoviheralue, lentokenttaalueen viheralue, louhoksen viheralue, maa-aineksen ottoalueen viheralue, muuntoaseman viheralue, muutosalue, puiston viheralue, rakennettu arvoviheralue, rautatiealueen viheralue, satama-alueen viheralue, suoja- ja vaihettumisviheralue, taytemaan viheralue, tie- tai katualueen viheralue, toimintaviheralue, urheilu- ja virkistysalueen viheralue, varastoalueen viheralue	nurmikko, niittykasvit ja pensaat
rakennetun ympariston viherrakenne	viherrakenne	rakennetun kiinteiston viherrakenne, muu rakennetun ympariston viherrakenne	nurmikko, niittykasvit, istutukset ja pensaat
viljelysmaa	pelto	viljelyspelto, maisemapelto	yksi- tai monivuotiset hyotykasvit
viljelysmaa	niitty	arvoniitty, kayttoniitty, maisemaniitty, avoin alue, maisemapelto,	niittykasvit
kosteikko	rantakosteikko	vesijattoalue	kaisla- tai ruovikkokasvillisuus

Taulukko 14-2. Määrittelyn tuloksena syntyneet maankäytön ja maaperän yhdistelmäluokat turvemailla.

paaluokka	alaluokka	kohdeluokk	kasvillisu
metsa	ojittamaton turvemaametsa	muu ojittamaton turvemaa, soistuma	kangasmetsan aluskasvillisuus
metsa	turvekangas	jakalaturvekangas, mustikkaturvekangas, puolukkaturvekangas, ruohoturvekangas, varputurvekangas	kangasmetsan aluskasvillisuus
avoin viheralue	ojitettu turvemaaniitty	arvoniitty, avoin alue, hietikon viheralue, kayttoniitty, maisemaniitty, maisemapelto, muu niitty, muu niitty tai nurmikko, sahkolinjan viheralue	niittykasvit
avoin viheralue	ojittamaton turvemaaniitty	arvoniitty, avoin alue, hietikon viheralue, kayttoniitty, maisemaniitty, muu niitty, muu niitty tai nurmikko, sahkolinjan viheralue	niittykasvit
rakennetun ympariston viherrakenne	ojitettu turvemaaniitty	allas, autoliikennealueen viheralue, hautausmaan viheralue, jatteenkasittelyalueen viheralue, kayttoviheralue, lentokenttaalueen viheralue, louhoksen viheralue, maa-aineksen ottoalueen viheralue, muu rakennetun ympariston viherrakenne, muuntoaseman viheralue, muutosalue, puiston viheralue, rakennettu arvoviheralue, rakennetun kiinteiston viherrakenne, rautatiealueen viheralue, satama-alueen viheralue, suoja- ja vaihettumisviheralue, taytemaan viheralue, tie- tai katualueen viheralue, toimintaviheralue, urheilu- ja virkistysalueen viheralue, varastoalueen viheralue	niittykasvit
rakennetun ympariston viherrakenne	ojittamaton turvemaaniitty	*ks. edeltävä rivi*	niittykasvit
viljelysmaa	turvemaapelto	maisemapelto, viljelyspelto	yksi- tai monivuotiset hyotykasvit
viljelysmaa	ojitettu turvemaaniitty	arvoniitty, avoin alue, kayttoniitty, maisemaniitty	niittykasvit
kosteikko	ojittamaton suo	suo	suokasvillisuus
kosteikko	ojittamaton rantakosteikko	vesijattoalue	kaisla- tai ruovikkokasvillisuus
kosteikko	ojitettu rantakosteikko	vesijattoalue	kaisla- tai ruovikkokasvillisuus

14.2 Liite 7A: Metsien aluskasvillisuuden hiilitaseen laskennassa sovellettujen arvojen johtaminen

Taulukko 14-3. Metsien aluskasvillisuuden hiilitaseen laskennassa sovelletut tutkimukset, arvot ja painoarvot.

Tutkimus	GPP (tn C/ha/v)	NPP/GPP -suhdeluku	NPP (tn C/ha/v)	Painoarvo (%)
Kolari ym. (2006)	0,9	0,46	0,41	15
Ilvesniemi ym. (2009)	0,83	0,46	0,38	15
Kulmala (2011)	0,41	0,46	0,19	70
painotettu keskiarvo	0,55		0,25	

14.3 Liite 7B: Kosteiden ja kuivien niittyjen hiilitaseen laskennassa sovellettujen arvojen johtaminen

Taulukko 14-4. Kosteiden ja kuivien niittyjen hiilitaseen laskennassa sovelletut tutkimukset, arvot ja painoarvot.

Ekosysteemi ja tutkimus	Kasvillisuuden ja maaperän hengitys		Kasvillisuuden hiilensidonta		Nettoekosysteemi-tase		Paino-arvo
	(tn C/ha/v)	(tn CO_2/ha/v)	(tn C/ha/v)	(tn CO_2/ha/v)	(tn C/ha/v)	(tn CO_2/ha/v)	(%)
Kostea niitty Trémeau ym. (2024)	11,26	41,27	-11,67	-42,78	-0,41	-1,51	20
Kuiva niitty Trémeau ym. (2024)	4,81	17,65	-4,99	-18,28	-0,17	-0,63	80
painotettu keskiarvo	6,102	22,374	-6,322	-23,180	-0,220	-0,806	

14.4 Liite 7C: Kasvillisuusjakaumien määrittelyn johtaminen

Taulukko 14-5. Moinel ym. (2024) tutkimuksesta poimitut maanpeitteen suhteelliset osuudet Helsingin puistoissa.

Maanpeite	Hyvän-toivon-puisto (%)	Saukon-paaden-puisto (%)	Maunulan-puisto (%)	Taide-maalarin-puisto (%)	Vennyn-puisto (%)	Keski-arvo (%)
säilynyt metsä	0	0	25	13	14	10
säilynyt nurmikko	0	0	35	0	0	7
nurmikko	37	55	9	21	41	33
niitty	16	0	0	0	16	6
istutukset	2	4	1	5	1	3
pensaat	2	17	2	14	0	7
viljelyalue	0	0	0	2	0	0
harmaa infrastruktuuri	43	24	28	45	28	34
yhteensä	100	100	100	100	100	100

Taulukko 14-6. Moinel ym. (2024) tutkimuksesta johdetut pensaiden ja nurmikoiden suhteelliset osuudet kasvullisten alueiden pinta-alasta lukuun ottamatta säilynyttä metsää.

kasvillisuusrakenteen osuus matalasta kasvillisuudesta	Hyvän-toivon-puisto (%)	Saukon-paaden-puisto (%)	Maunulan-puisto (%)	Taide-maalarin-puisto (%)	Vennyn-puisto (%)	Keski-arvo (%)
pensaat	4	22	4	33	0	13
nurmikot	65	72	94	50	71	70

14.5 Liite 7D: Nurmikoiden hiilitaseen laskennassa käytettyjen arvojen johtaminen

Taulukko 14-7. Kasteltujen ja kastelemattomien nurmikoiden hiilitaseen laskennassa sovelletut tutkimukset, arvot ja painoarvot.

Ekosysteemi ja tutkimus	Kasvillisuuden ja maaperän hengitys		Kasvillisuuden hiilensidonta		Nettoekosysteemi-tase		Paino-arvo
	tn C /ha/v	tn CO_2 /ha/v	tn C /ha/v	tn CO_2 /ha/v	tn C /ha/v	tn CO_2 /ha/v	%
Kasteltu nurmikko Trémeau ym. (2024)	11,81	43,31	-12,73	-46,67	-0,92	-3,36	50
Kasteltu nurmikko Thölix ym. (2025)	5,80	21,27	-6,23	-22,83	-0,43	-1,56	50
Kasteltu nurmikko painotettu keskiarvo	8,806	32,288	-9,477	-34,748	-0,671	-2,459	
Kastelematon nurmikko Trémeau ym. (2024)	8,29	30,39	-8,72	-31,96	-0,43	-1,57	50
Kastelematon nurmikko Thölix ym. (2025)	4,55	16,68	-4,66	-17,09	-0,11	-0,40	50
Kastelematon nurmikko painotettu keskiarvo	6,419	23,537	-6,688	-24,523	-0,269	-0,987	

14.6 Liite 7E: Metsään jäävän puuaineksen laskenta ja arvojen

johtaminen maaperän hiilivaraston ja hiilitaseen mallinnusta varten

Maaperän hiilivirtoja mallinnettaessa lähtötiedoksi tarvittava metsään jäävän puuaineksen määrä laskettiin tilastopohjaisella menetelmällä. Aikasarjat luotiin vuosille 2015–2024. Lähtötietoa muodostettaessa käytettiin Luonnonvarakeskuksen seuraavia tilastoaineistoja:

- *Energiapuun puukauppamäärät neljännesvuosittain*
- *Hakkuukertymä (1000 m³) omistajaryhmittäin ja maakunnittain*
- *Kuolleen puuston keskitilavuus metsämaalla (m³/ha)*
- *Monilähteisen valtakunnan metsien inventoinnin (MVMI) kunnittaiset metsävarataulukot*
- *Puun markkinahakkuut kunnittain (kaikki omistajaryhmät yhteensä)*
- *Puuston poistuma (1000 m³) omistajaryhmittäin ja maakunnittain*

Lisäksi puulajien määrittelyssä käytettiin *Metsäkeskuksen metsävarakuvioita*. Tämä koski luonnonpoistumaa ja hukkapuuta, joissa puulajikohtainen jakauma oli tuntematon.

Seuraavissa kappaleissa kuvataan pääkaupunkiseudun puuston kokonaispoistuman laskenta sekä sen jakaminen osavirtoihin, jotka ovat: **1. hakkuukertymä** sisältäen a) teollisuuspuun, b) energiapuun ja c) polttopuun ja kotitarvepuun sekä **2. metsään jäävä kuollut runkopuu** sisältäen a) luonnonpoistuman ja b) hukkapuun.

Hakkuukertymä jaettiin puulajeittain teollisuuspuuhun sekä energiapuuhun. Teollisuuspuun tilavuus määritettiin runkopuuna sisältäen sekä tukki- että kuitupuun. Arvot saatiin suoraan *Puun markkinahakkuut kunnittain (kaikki omistajaryhmät yhteensä*) -tilastosta.

Kuntakohtaisissa tilastoissa energiapuun osuuksista ei kuitenkaan eroteta hakkuutähteistä kantoja ja latvusta sekä toisaalta kokopuuta ja karsittua energiapuuta. Siksi energiapuun osalta johdettiin ositekohtaiset osuudet valtakunnallisen *Energiapuun puukauppamäärät* -tilaston vuosien 2014–2024 keskiarvojen perusteella. Hakkuutähteiden osalta kantojen osuudeksi määritettiin 7 prosenttia ja latvusten osuudeksi 93 prosenttia, kun taas muun energiapuun osalta kokopuun osuus oli 17 prosenttia ja karsitun energiapuun osuus 83 prosenttia. Näin saatiin johtamalla erotettua kuntakohtaisista tilastoista myös energiapuusta kokopuu, karsittu energiapuu, kannot ja latvukset kuutiometreinä koko mallinnuksen aikasarjaan. Tämä oli tarpeen myöhempää ositekohtaista biomassamuunnosta varten.

Polttopuun ja kotitarvepuun määrää ei tilastoida, minkä vuoksi sen määrä arvioitiin valtakunnallisen suhdeluvun perusteella. Polttopuun ja kotitarvepuun osuuden oletettiin olevan sama kuin valtakunnallisesti eli 11 prosenttia teollisuuspuun määrästä.

Luonnonpoistuman määrä pääkaupunkiseudulla johdettiin käyttämällä ensin lähtöarvona Ihalaisen (2013) raportoiman luonnonpoistuman hehtaarikohtaisen runkopuutilavuuden määrää Etelä-Suomessa. Seuraavaksi määriteltiin luonnonpoistuman kasvanut määrä pohjautuen *Kuolleen puuston keskitilavuus metsämaalla (m³/ha)*-tilastoon Uudellamaalla. Kuolleen puuston kasvaneen keskitilavuuden oletettiin korreloivan yksi yhteen luonnonpoistuman kanssa. Suhdeluku laskettiin vuosille 2009–2023 ja arvoksi saatiin 1,59. Näin saatiin määritettyä aikasarjoihin luonnonpoistuma runkopuuna. Esimerkinomaisesti vuonna 2024 hukkapuun osuus runkopuuna oli 0,38 kuutiometriä hehtaarilla. Lopuksi puulajikohtainen luonnonpoistuman jakauma määriteltiin *Metsävarakuvioiden* puulajijakauman perusteella.

Hukkapuun määrä määritettiin hakkuukertymän ja luonnonpoistuman erotuksena kokonaispoistumasta. Jotta hukkapuun määrä voitiin laskea, tuli laskea ensin puuston kokonaispoistuma ja siihen liittyvät kaksi suhdelukua. Toisin kuin kuntakohtaisten tilastojen kohdalla, Uudenmaan alueella puuston kokonaispoistuma tilastoidaan. Koska kokonaispoistumaa ei tilastoida kunnittain, käytettiin apuna Uudenmaan *Puuston poistuma (1000 m³) omistajaryhmittäin ja maakunnittain*sekä *Hakkuukertymä (1000 m³) omistajaryhmittäin ja maakunnittain* -tilastoja. Uudenmaan alueella vuosien 2015–2024 tilastotietojen perusteella hakkuukertymä vastasi 83–84 prosenttia kokonaispoistumasta ja toisaalta luonnonpoistuma ja hukkapuu yhteensä 19–20 prosenttia hakkuukertymästä. Näiden suhdelukujen avulla voitiin aikasarjoihin määritellä ensin kokonaispoistuma ja sitten määrittää luonnonpoistuman ja hukkapuun osuus yhteensä absoluuttisesti. Vähentämällä luonnonpoistuman ja hukkapuun osuudesta luonnonpoistuma saatiin selville hukkapuun osuus. Esimerkinomaisesti vuonna 2024 hukkapuun osuus runkopuuna oli 0,41 kuutiometriä hehtaarilla. Lopuksi puulajikohtainen hukkapuun jakauma määriteltiin *Metsävarakuvioiden* puulajijakauman perusteella.

Näin kaikki poistuman osatekijät tuli lähtötietona huomioiduksi maaperän hiilisyötettä määritettäessä ja hiilivarastoa ja -tasetta mallinnettaessa. Mallinnusta varten tuli vielä muuntaa runkotilavuutena lasketut osatekijät biomassaksi.

Biomassan maahan jäävä osuus laskettiin ositekohtaisesti. Runkopuusta oletettiin korjattavan talteen 90 prosenttia, kun taas lehvästön, juurten ja hienojuurten oletettiin jäävän kokonaisuudessaan maahan. Oksien ja kantojen osalta maahan

jäävä osuus laskettiin energiapuun korjuutilastoihin perustuen siten, että oksien oletettiin vastaavan latvusmassaa ja kantojen taas tilastoista johdettua kantojen osuutta.

Seuraavaksi biomassamäärät muunnettiin hehtaarikohtaisiksi arvoiksi. Hehtaarikohtaisten arvojen määrittelyssä kokonaispinta-alana käytettiin Luonnonvarakeskuksen Monilähteisen metsien inventoinnin tulostaulukoiden metsämaan pinta-alaa kullekin aikasarjan tarkasteluvuodelle.

Lopuksi tiedot vietiin Yasso-mallin lähtötiedoiksi maaperän hiilivaraston ja sen muutosten mallinnusta varten.

14.7 Liite 7F: Metsien maaperän hiilisyötteen lähtötiedot

Taulukko 14-8. Mäntypuista maaperään syntyvän hiilisyötteen ositteet, luokat, kiertonopeudet ja hiiliyhdisteiden suhteelliset AWEN-arvot. Mäntypuiden hakkuiden hukkapuun, hakkuutähteiden ja luonnonpoistuman arvot laskettiin samoilla luokilla, hiilipitoisuuksilla ja AWEN-arvoilla, mutta kiertonopeus oli kaikilla ositteilla 1.

Osite	Luokka	Kiertonopeus	Hiilipitoisuus	A	W	E	N
Runko	Fine woody litter	0,0052	0,5	0,685	0,0225	0,0075	0,285
Elävät oksat	Fine woody litter	0,02	0,5	0,473	0,019	0,078	0,43
Lehvästö	Non-woody litter	0,33	0,5	0,518	0,1773	0,0887	0,216
Kanto	Fine woody litter	0,0029	0,5	0,685	0,0225	0,0075	0,285
Juuret >10mm	Fine woody litter	0,0184	0,5	0,685	0,0225	0,0075	0,285
Hienot juuret	Non-woody litter	0,85	0,5	0,5791	0,1286	0,0643	0,228

Taulukko 14-9. Kuusipuista maaperään syntyvän hiilisyötteen ositteet, luokat, kiertonopeudet ja hiiliyhdisteiden suhteelliset AWEN-arvot. Kuusipuiden hakkuiden hukkapuun, hakkuutähteiden ja luonnonpoistuman arvot laskettiin samoilla luokilla, hiilipitoisuuksilla ja AWEN-arvoilla, mutta kiertonopeus oli kaikilla ositteilla 1.

Osite	Luokka	Kiertonopeus	Hiilipitoisuus	A	W	E	N
Runko	Fine woody litter	0,0027	0,5	0,675	0,0175	0,0025	0,305
Elävät oksat	Fine woody litter	0,0125	0,5	0,473	0,019	0,078	0,43
Lehvästö	Non-woody litter	0,1	0,5	0,4826	0,1317	0,0658	0,3199
Kanto	Fine woody litter	0,0015	0,5	0,675	0,0175	0,0025	0,305
Juuret >10mm	Fine woody litter	0,0125	0,5	0,675	0,0175	0,0025	0,305
Hienot juuret	Non-woody litter	0,85	0,5	0,5508	0,1331	0,0665	0,2496

Taulukko 14-10. Lehtipuista maaperään syntyvän hiilisyötteen ositteet, luokat, kiertonopeudet ja hiiliyhdisteiden suhteelliset AWEN-arvot. Lehtipuiden hakkuiden hukkapuun, hakkuutähteiden ja luonnonpoistuman arvot laskettiin samoilla luokilla, hiilipitoisuuksilla ja AWEN-arvoilla, mutta kiertonopeus oli kaikilla ositteilla 1.

Osite	Luokka	Kiertonopeus	Hiilipitoisuus	A	W	E	N
Runko	Fine woody litter	0,0029	0,5	0,715	0,015	0	0,27
Elävät oksat	Fine woody litter	0,0135	0,5	0,473	0,019	0,078	0,43
Lehvästö	Non-woody litter	0,79	0,5	0,4079	0,198	0,099	0,2951
Kanto	Fine woody litter	0,0001	0,5	0,715	0,015	0	0,27
Juuret >10mm	Fine woody litter	0,0135	0,5	0,715	0,015	0	0,27
Hienot juuret	Non-woody litter	0,85	0,5	0,4079	0,198	0,099	0,2951

Taulukko 14-11. Aluskasvillisuudesta maaperään syntyvän hiilisyötteen ositteet, luokat, niiden kiertonopeudet ja hiiliyhdisteiden suhteelliset AWEN-arvot.

Osite	Luokka	Kiertonopeus	Hiilipitoisuus	A	W	E	N
Aluskasvillisuuden maanpäälliset ja maanalaiset osat	Non-woody litter	0,2	0,5	0,552	0,226	0,118	0,104

Taulukko 14-12. Hakkuiden ainespuun, energiapuun ja kotitarvepuun sekä hukkapuun ja luonnonpoistuman runkopuuta kuvaavien kuutiomäärien muuntokertoimet biomassaksi. Biomassat muunnettiin AWEN-arvoiksi samoin kuin elävien puiden hiilisyötteen laskentataulukoissa, kun ositteiden biomassa oli ensin selvitetty.

Puulaji	Runko	Kaarna	Oksat	Lehvästö	Kanto	Juuret
Mänty	0,358	0,030	0,057	0,022	0,029	0,088
Kuusi	0,333	0,040	0,086	0,058	0,033	0,124
Lehtipuu	0,418	0,072	0,084	0,026	0,048	0,165

Taulukko 14-13. Hienojuurten biomassan muodostamisen kertoimet, kun lehvästön biomassa tunnetaan.

Puulaji	Hienojuurten biomassa
Mänty	Lehvästön biomassan arvo * 0,676
Kuusi	Lehvästön biomassan arvo * 0,256
Lehtipuu	Lehvästön biomassan arvo * 0,5

14.8 Liite 7G: Viljelysmaiden maaperän hiilivarastojen ja hiilitaseen mallintamisen lähtötiedot

Taulukko 14-14. Suomen kasvihuonekaasuinventaariosta (Tilastokeskus 2025) poimitut yksi- ja monivuotisten hyötykasvien biomassan määrittämisen parametrit.

	Kasvi	DM	HI	SR/RootDM	TR	LO
Yksivuotiset	Syysvehnä	0,86	0,42	5,6	0,41	0,02
	Kevätvehnä	0,86	0,42	5,6	0,41	0,02
	Ruis	0,86	0,4	5,6	0,41	0,02
	Ohra	0,86	0,53	5,6	0,41	0,02
	Kaura	0,86	0,46	5,6	0,41	0,02
	Rypsi	0,92	0,35	5,1	0,41	0,02
	Rapsi	0,92	0,35	5,1	0,41	0,02
	Peruna	0,22	0,55	5	0,41	0,02
	Sokerijuurikas	0,21	0,66	5	0,41	0,02
	Herne	0,87	0,5	5	0,41	0,02
Monivuotiset	Kuivaheinä	0,86	0,84	0	0,41	0,1
	Säilörehu	0,34	0,84	0	0,41	0,1

Selite: **DM** = Korjattavan sadon kuiva-aineosuus, **HI** = Korjatun sadon osuus maanpäällisestä biomassasta, **SR/RootDM** = Maanpäällisen kasvuston ja juuriston biomassasuhde, **TR** = Juuriston vuotuinen uusiutumisaste, **LO** = Korjuussa menetetty sadon osuus

Taulukko 14-15. Suomen kasvihuonekaasuinventaariosta (Tilastokeskus 2025) poimitut maanpäällisen ja maanalaisen biomassan määrittämisen laskentakaavat.

Laskennan vaihe	Kaava	Selite
Korjatun sadon kuiva-ainemäärä	BM_Y = B * (1 + LO) * DM	Muodostaa sadon kuiva-aineeseen perustuvan lähtöarvon huomioimalla ilmoitetun sadon, korjuutappiot ja kuiva-aineosuuden.
Maanpäällinen kasvibiomassa	BM_AG = BM_Y / HI	Arvioi koko maanpäällisen kasvibiomassan korjuuindeksin avulla.
Juuriston biomassa	BM_BG = BM_AG / SR/RootDM	Arvioi juuriston biomassan maanpäällisen kasvuston ja juuriston välisen suhteen perusteella.

Selite: **B** = Sadon määrä, **BM_Y** = Sadon biomassa, **BM_AG** = Maanpäällinen biomassa, **BM_BG** = Maanalainen biomassa, **SR/RootDM** = Maanpäällisen kasvuston ja juuriston biomassasuhde

Taulukko 14-16. Suomen kasvihuonekaasuinventaariosta (Tilastokeskus 2025) poimitut maanpäällisen ja maanalaisen hiilisyötteen määrittämisen laskentakaavat

Laskennan vaihe	Kaava
Maanpäällinen hiilisyöte	CI_AG = (BM_AG − BM_Y) * 0,45
Juuriston hiilisyöte	CI_BG = BM_BG × (1/RL + TR) * 0,45
Kokonaishiilisyöte	C_input = CI_AG + CI_BG

Selite: **B** = Sadon määrä, **BM_Y** = Sadon biomassa, **BM_AG** = Maanpäällinen biomassa, **BM_BG** = Maanalainen biomassa, **CI_AG** = Maanpäällisen kasvuston hiilisyöte, **CI_BG** = Maanalaisen kasvuston hiilisyöte **C_input** = hiilisyöte yhteensä **RL** = juurten keskimääräinen elinikä, **TR** = Juuriston vuotuinen uusiutumisaste, **0,45** = viljelykasvien hiilipitoisuus

Taulukko 14-17. Suomen kasvihuonekaasuinventaariosta (Tilastokeskus 2025) poimitut yksi- ja monivuotisten hyötykasvien AWEN-hiiliyhdisteiden suhteelliset osuudet.

Kasvi	A	W	E	N
Syysvehnä	0,71	0,08	0,03	0,18
Kevätvehnä	0,71	0,08	0,03	0,18
Ruis	0,71	0,08	0,03	0,18
Ohra	0,71	0,08	0,03	0,18
Kaura	0,71	0,08	0,03	0,18
Rypsi	0,42	0,27	0,04	0,27
Rapsi	0,4	0,34	0,04	0,22
Peruna	0,23	0,48	0,05	0,24
Sokerijuurikas	0,26	0,54	0,04	0,16
Herne	0,63	0,14	0,02	0,21
Kuivaheinä	0,46	0,32	0,04	0,18
Säilörehu	0,46	0,32	0,04	0,18
Kerääjäkasvit	0,56	0,27	0,08	0,09
Kesanto	0,46	0,32	0,04	0,18

Taulukko 14-18. Selvityksessä käytetyt eläinkohtaiset lannantuottokertoimet.

Eläin	Lantakerroin (kg/v/eläin)
Lypsylehmät	2314,1
Muut naudat	737,3
Siat	73
Lampaat	146
Vuohet	109,5
Hevoset	777,45

Taulukko 14-19. Suomen kasvihuonekaasuinventaariosta (Tilastokeskus 2025) poimitut lannan hiilisyötteen laskentakaavat.

Laskennan vaihe	Kaava
Lannan määrä peltohehtaaria kohti	BM_MANURE = eläinten määrä * lantakerroin / peltojen kokonaisala
Lannasta maaperään päätyvä hiilisyöte	CI_MANURE = BM_MANURE * 0,5

Selite: **BM_MANURE** = lannan määrä peltohehtaaria kohti, **CI_MANURE** = lannasta maaperään päätyvä hiilisyöte, **eläinten määrä** = eläinryhmäkohtainen eläinmäärä, **lantakerroin** = eläinryhmäkohtainen vuotuinen lannantuotto, **peltojen kokonaisala** = lannan kohdentamisessa käytetty peltoala ja **0,5** = lannan hiilipitoisuus.

Taulukko 14-20. Suomen kasvihuonekaasuinventaariosta (Tilastokeskus 2025) lannan AWEN-hiiliyhdisteiden suhteelliset osuudet.

A	W	E	N
0,65	0,12	0,07	0,16

14.9 Liite 7H: Turvemaiden hiilivarastojen laskennan lähtötiedot

Taulukko 14-21. Turunen ym. (2024) mukaiset turpeen kuiva-ainetiheydet ja hiilipitoisuudet turvemaiden ravinteisuustasojen ja ojitustilanteen mukaan sekä niiden perusteella lasketut metrin syvyisen turpeen hiili- ja hiilidioksidipitoisuudet maaperässä. *-merkityt tiedot perustuvat Minkkinen ja Laine (1998) tutkimuksesta johdettuihin arvoihin.

Luokka	Ojitus	Kuiva-ainetiheys (kg/m³)	Hiilipitoisuus (%)	tn C/ha/m)	tn CO_2/ha/m
ruohoturvekangas	ojittamaton	82*	52,9*	434	1591
	ojitettu	128,5	49,5	636	2332
mustikkaturvekangas	ojittamaton	64,6	47,8	309	1132
	ojitettu	103,7	48,4	502	1840
puolukkaturvekangas	ojittamaton	56,8	49,5	281	1029
	ojitettu	98,6	50,2	494	1812
varputurvekangas	ojittamaton	69,2	49,6	343	1258
	ojitettu	84,7	49,7	421	1544
jäkäläturvekangas	ojittamaton	47,7	47,4	226	828
	ojitettu	58,8	48,0	282	1033

14.10 Liite 10A: Kuntakohtaiset hiilivarastojen tulostaulukot

Taulukko 14-22. Hiilivarastot kuntakohtaisesti maankäytön pääluokittain pääkaupunkiseudulla vuonna 2024.

Espoo				
Maankäytön pääluokka	**Pinta-ala (ha)**	**Osuus pinta-alasta (%)**	**Hiilivarasto (tn CO_2)**	**Osuus hiilivarastosta (%)**
Metsät	15 525	63,3	12 832 885	72,2
Rakennetun ympäristön viherrakenne	4 926	20,1	1 965 839	11,1
Avoimet viheralueet	1 316	5,4	648 349	3,6
Viljelysmaat	2 026	8,3	566 869	3,2
Kosteikot	731	3	1 757 160	9,9
Yhteensä	24 524	100	17 771 101	100
Helsinki				
Maankäytön pääluokka	**Pinta-ala (ha)**	**Osuus pinta-alasta (%)**	**Hiilivarasto (tn CO_2)**	**Osuus hiilivarastosta (%)**
Metsät	5 921	46,9	4 519 976	59,9
Rakennetun ympäristön viherrakenne	4 614	36,6	1 837 912	24,4
Avoimet viheralueet	988	7,8	497 958	6,6
Viljelysmaat	776	6,2	242 424	3,2
Kosteikot	322	2,5	445 691	5,9
Yhteensä	12 620	100	7 543 961	100
Kauniainen				
Maankäytön pääluokka	**Pinta-ala (ha)**	**Osuus pinta-alasta (%)**	**Hiilivarasto (tn CO_2)**	**Osuus hiilivarastosta (%)**
Metsät	175	43,1	166 974	60,6
Rakennetun ympäristön viherrakenne	209	51,3	85 963	31,2
Avoimet viheralueet	10	2,6	5 491	2

Viljelysmaat	8	1,9	1 559	0,6
Kosteikot	5	1,2	15 404	5,6
Yhteensä	407	100	275 391	100
Vantaa				
Maankäytön pääluokka	**Pinta-ala (ha)**	**Osuus pinta-alasta (%)**	**Hiilivarasto (tn CO_2)**	**Osuus hiilivarastosta (%)**
Metsät	8 474	49,7	7 073 156	66,5
Rakennetun ympäristön viherrakenne	3 833	22,5	1 472 542	13,9
Avoimet viheralueet	1 104	6,5	489 811	4,6
Viljelysmaat	3 336	19,6	737 761	6,9
Kosteikot	308	1,8	856 129	8,1
Yhteensä	17 055	100	10 629 398	100

Taulukko 14-23. Hiilivarastojen kuntakohtainen jakautuminen osatekijöittäin pääkaupunkiseudulla vuonna 2024.

Espoo		
Osatekijä	**Hiilivarasto (tn CO_2)**	**Osuus hiilivarastosta (%)**
Puusto	5 108 094	28,7
Matala kasvillisuus	262 896	1,5
Maaperä	12 400 112	69,8
Yhteensä	17 771 101	100
Helsinki		
Osatekijä	**Hiilivarasto (tn CO_2)**	**Osuus hiilivarastosta (%)**
Puusto	2 121 698	28,1
Matala kasvillisuus	149 102	2
Maaperä	5 273 162	69,9
Yhteensä	7 543 961	100
Kauniainen		
Osatekijä	**Hiilivarasto (tn CO_2)**	**Osuus hiilivarastosta (%)**
Puusto	69 311	25,2
Matala kasvillisuus	4 880	1,8
Maaperä	201 200	73,1
Yhteensä	275 391	100
Vantaa		
Osatekijä	**Hiilivarasto (tn CO_2)**	**Osuus hiilivarastosta (%)**
Puusto	2 979 801	28
Matala kasvillisuus	191 183	1,8
Maaperä	7 458 413	70,2
Yhteensä	10 629 398	100

Taulukko 14-24. Hiilivarastot kuntakohtaisesti maaperäluokittain pääkaupunkiseudulla vuonna 2024.

Espoo				
Maaperäluokka	**Pinta-ala (ha)**	**Osuus pinta-alasta (%)**	**Hiilivarasto (tn CO_2)**	**Osuus hiilivarastosta (%)**
Kivennäismaa	22 821	93,1	13 570 344	76,4
Turvemaa	1 703	6,9	4 200 757	23,6
Yhteensä	24 524	100	17 771 101	100
Helsinki				
Maaperäluokka	**Pinta-ala (ha)**	**Osuus pinta-alasta (%)**	**Hiilivarasto (tn CO_2)**	**Osuus hiilivarastosta (%)**
Kivennäismaa	12 039	95,4	6 548 372	86,8
Turvemaa	581	4,6	995 589	13,2
Yhteensä	12 620	100	7 543 961	100
Kauniainen				
Maaperäluokka	**Pinta-ala (ha)**	**Osuus pinta-alasta (%)**	**Hiilivarasto (tn CO_2)**	**Osuus hiilivarastosta (%)**
Kivennäismaa	380	93,3	200 557	72,8
Turvemaa	27	6,7	74 834	27,2
Yhteensä	407	100	275 391	100
Vantaa				
Maaperäluokka	**Pinta-ala (ha)**	**Osuus pinta-alasta (%)**	**Hiilivarasto (tn CO_2)**	**Osuus hiilivarastosta (%)**
Kivennäismaa	16 257	95,3	8 599 943	80,9
Turvemaa	798	4,7	2 029 454	19,1
Yhteensä	17 055	100	10 629 398	100

14.11 Liite 10B: Kuntakohtaiset hiilitaseiden tulostaulukot

Taulukko 14-25. Hiilitase kuntakohtaisesti maankäytön pääluokittain vuosina 2023–2024 ilman maankäytön muutoksen

vaikutusta.

Espoo				
Maankäytön pääluokka	**Pinta-ala (ha)**	**Osuus pinta-alasta (%)**	**Hiilitase (tn CO_2/v)**	**Osuus kokonaistaseesta (%)**
Metsät	15 525	63,3	-101 364	83,2
Rakennetun ympäristön viherrakenne	4 926	20,1	-18 027	14,8
Avoimet viheralueet	1 316	5,4	-2 583	2,1
Kosteikot	731	3	-4 124	3,4
Viljelysmaat	2 026	8,3	4 228	-3,5
Yhteensä	24 524	100	-121 871	100
Helsinki				
Maankäytön pääluokka	**Pinta-ala (ha)**	**Osuus pinta-alasta (%)**	**Hiilitase (tn CO_2/v)**	**Osuus kokonaistaseesta (%)**
Metsät	5 921	46,9	-29 778	60,5
Rakennetun ympäristön viherrakenne	4 614	36,6	-18 089	36,8
Avoimet viheralueet	988	7,8	-1 463	3
Kosteikot	322	2,5	-149	0,3
Viljelysmaat	776	6,2	257	-0,5
Yhteensä	12 620	100	-49 222	100
Kauniainen				
Maankäytön pääluokka	**Pinta-ala (ha)**	**Osuus pinta-alasta (%)**	**Hiilitase (tn CO_2/v)**	**Osuus kokonaistaseesta (%)**
Metsät	175	43,1	-850	47,1
Rakennetun ympäristön viherrakenne	209	51,3	-899	49,9
Avoimet viheralueet	10	2,6	-46	2,5
Kosteikot	5	1,2	-16	0,9
Viljelysmaat	8	1,9	8	-0,5
Yhteensä	407	100	-1 803	100
Vantaa				
Maankäytön pääluokka	**Pinta-ala (ha)**	**Osuus pinta-alasta (%)**	**Hiilitase (tn CO_2/v)**	**Osuus kokonaistaseesta (%)**
Metsät	8 474	49,7	-60 275	81,8
Rakennetun ympäristön viherrakenne	3 833	22,5	-13 065	17,7
Avoimet viheralueet	1 104	6,5	-2 777	3,8
Kosteikot	308	1,8	-1 448	2
Viljelysmaat	3 336	19,6	3 848	-5,2
Yhteensä	17 055	100	-73 719	100

Taulukko 14-26. Hiilitase kuntakohtaisesti osatekijöittäin pääkaupunkiseudulla vuosina 2023–2024 ilman maankäytön muutoksen vaikutusta.

Espoo		
Osatekijä	**Hiilitase (tn CO_2/v)**	**Osuus kokonaistaseesta (%)**
Puusto	-118 930	97,6
Matala kasvillisuus	-23 063	18,9
Maaperä	20 122	-16,5
Yhteensä	-121 871	100
Helsinki		
Osatekijä	**Hiilitase (tn CO_2/v)**	**Osuus kokonaistaseesta (%)**
Puusto	-42 853	87,1
Matala kasvillisuus	-13 227	26,9
Maaperä	6 858	-13,9
Yhteensä	-49 222	100
Kauniainen		
Osatekijä	**Hiilitase (tn CO_2/v)**	**Osuus kokonaistaseesta (%)**
Puusto	-1 573	87,2
Matala kasvillisuus	-482	26,7
Maaperä	252	-14
Yhteensä	-1 803	100
Vantaa		
Osatekijä	**Hiilitase (tn CO_2/v)**	**Osuus kokonaistaseesta (%)**
Puusto	-71 232	96,6
Matala kasvillisuus	-14 334	19,4
Maaperä	11 847	-16,1
Yhteensä	-73 719	100

Taulukko 14-27. Hiilitase kuntakohtaisesti maaperäluokittain vuosina 2023–2024 ilman maankäytön muutoksen vaikutusta.

Espoo				
Maaperäluokka	**Pinta-ala (ha)**	**Osuus pinta-alasta (%)**	**Hiilitase (tn CO_2/v)**	**Osuus kokonaistaseesta (%)**
Kivennäismaa	22 821	93,1	-119 408	98
Turvemaa	1 703	6,9	-2 463	2
Yhteensä	24 524	100	-121 871	100
Helsinki				
Maaperäluokka	**Pinta-ala (ha)**	**Osuus pinta-alasta (%)**	**Hiilitase (tn CO_2/v)**	**Osuus kokonaistaseesta (%)**
Kivennäismaa	12 039	95,4	-49 577	100,7
Turvemaa	581	4,6	355	-0,7
Yhteensä	12 620	100	-49 222	100
Kauniainen				
Maaperäluokka	**Pinta-ala (ha)**	**Osuus pinta-alasta (%)**	**Hiilitase (tn CO_2/v)**	**Osuus kokonaistaseesta (%)**
Kivennäismaa	380	93,3	-1 725	95,7
Turvemaa	27	6,7	-78	4,3
Yhteensä	407	100	-1 803	100
Vantaa				
Maaperäluokka	**Pinta-ala (ha)**	**Osuus pinta-alasta (%)**	**Hiilitase (tn CO_2/v)**	**Osuus kokonaistaseesta (%)**
Kivennäismaa	16 257	95,3	-71 062	96,4
Turvemaa	798	4,7	-2 657	3,6
Yhteensä	17 055	100	-73 719	100

Taulukko 14-28. Maankäytön muutoksen kuntakohtainen hiilitasevaikutus osatekijöittäin.

Espoo		
Osatekijä	**Hiilitase (tn CO_2/v)**	**Osuus vaikutuksesta (%)**
Puusto	3 554	39
Matala kasvillisuus	673	7,4
Maaperä	4 890	53,6
Yhteensä	9 116	100
Helsinki		
Osatekijä	**Hiilitase (tn CO_2/v)**	**Osuus vaikutuksesta (%)**
Puusto	3 958	54,5
Matala kasvillisuus	432	5,9
Maaperä	2 876	39,6
Yhteensä	7 266	100
Kauniainen		
Osatekijä	**Hiilitase (tn CO_2/v)**	**Osuus vaikutuksesta (%)**
Puusto	167	62
Matala kasvillisuus	14	5,1
Maaperä	88	32,8
Yhteensä	269	100
Vantaa		
Osatekijä	**Hiilitase (tn CO_2/v)**	**Osuus vaikutuksesta (%)**
Puusto	5 634	48,9
Matala kasvillisuus	727	6,3
Maaperä	5 163	44,8
Yhteensä	11 525	100

Taulukko 14-29. Maankäyttösektorin kokonaishiilitase ja maankäytön muutoksen vaikutus kuntakohtaisesti pääkaupunkiseudulla vuosina 2023–2024.

Espoo		
Tunnusluku	**Pinta-ala (ha)**	**Hiilitase (tn CO_2/v)**
Hiilitase ilman maankäytön muutosta	24 524	-121 871
Maankäytön muutoksen vaikutus	112	9 116
Kokonaishiilitase	24 636	-112 755
Helsinki		
Tunnusluku	**Pinta-ala (ha)**	**Hiilitase (tn CO_2/v)**
Hiilitase ilman maankäytön muutosta	12 620	-49 222
Maankäytön muutoksen vaikutus	73	7 266
Kokonaishiilitase	12 694	-41 956
Kauniainen		
Tunnusluku	**Pinta-ala (ha)**	**Hiilitase (tn CO_2/v)**
Hiilitase ilman maankäytön muutosta	407	-1 803
Maankäytön muutoksen vaikutus	2	269
Kokonaishiilitase	410	-1 534
Vantaa		
Tunnusluku	**Pinta-ala (ha)**	**Hiilitase (tn CO_2/v)**
Hiilitase ilman maankäytön muutosta	17 055	-73 719
Maankäytön muutoksen vaikutus	123	11 525
Kokonaishiilitase	17 178	-62 194

14.12 Liite 12A: Lähtöaineistojen vertailu aikaisempiin laskentoihin

Liitteen taulukoissa esitetään tässä selvityksessä määrittelyssä ja laskennassa käytettyjen lähtöaineistojen vertailu HSY:n tilaamaan laskentaan vuonna 2020 ja Helsingin laatimaan laskentaan vuonna 2024. Vertailu on jaoteltu tässä selvityksessä käytettyjen maankäyttöluokkien pääluokkien mukaisesti. Lisäksi maankäytön muutoksen lähtöaineistot on

kuvattu erikseen. Aikaisemmissa selvityksissä laskennan määrittely ei ole ollut kaikilta osin yhteneväinen tämän selvityksen määrittelyjen kanssa.

Taulukko 14-30. Metsien määrittelyyn ja laskentaan käytetyt lähtöaineistot HSY 2020, Helsinki 2024 ja HSY 2026 laskennoissa.

HSY 2020	Helsinki 2024	HSY 2026
1. Kuntien omat metsävaratiedot 2. Suomen Metsäkeskuksen metsävaratiedot 3. Helsingin seudun maanpeiteaineiston puusto yhdistettynä valtakunnan metsien inventoinnin hilatietoihin 4. Helsingin seudun maanpeiteaineiston puusto 5. Säähavainnot Helsinki–Vantaa, Ilmatieteen laitos	1. Kuntien omat metsävaratiedot 2. Corine 2018 maanpeiteaineisto 3. Suomen metsäkeskuksen hila-aineisto 4. Suomen metsäkeskuksen metsävarakuviot 5. Luonnonvarakeskuksen Monilähteinen valtakunnan metsien inventointi	1. Metsävarakuviot 2015–2024, Suomen metsäkeskus 2. Hila-aineisto 2020 ja 2024, Suomen metsäkeskus 3. Helsingin seudun maanpeiteaineisto 2024, Helsingin seudun ympäristöpalvelut 4. Maaluokka 2023, Luonnonvarakeskus 5. Energiapuun kauppa 2014–2024, Luonnonvarakeskus 6. Hakkuukertymä ja puuston poistuma 2015–2024, Luonnonvarakeskus 7. Kuolleen puuston keskitilavuus 2009–2023, Luonnonvarakeskus 8. Monilähteisen valtakunnan metsien inventoinnin kunnittaiset metsävarataulukot 2015–2021, Luonnonvarakeskus 9. Puun markkinahakkuut 2021–2024, Luonnonvarakeskus 10. Säähavainnot Helsinki–Vantaa 1990–2024, Ilmatieteen laitos

Taulukko 14-31. Viljelysmaiden määrittelyyn ja laskentaan käytetyt lähtöaineistot HSY 2020, Helsinki 2024 ja HSY 2026 laskennoissa.

HSY 2020	Helsinki 2024	HSY 2026
1. Kaupungin viheralueiden hoitoluokat 2. Helsingin seudun maanpeiteaineisto 3. Kunnittaiset maataloustilastot 4. Kunnittaiset tuotantoeläinmäärät	1. Kaupungin viheralueiden hoitoluokat 2. Corine 2018 maanpeiteaineisto 3. Ruokaviraston viljelysuunnitelma	1. RAMS-kunnossapitoluokat, Helsingin, Espoon, Vantaan ja Kauniaisten kaupungit 2. Maastotietokanta 2025, Maanmittauslaitos 3. Maatalousmaa 2021, Suomen ympäristökeskus 4. Hevosten pitopaikat kunnittain 2024, Hippolis ry 5. Kotieläinten lukumäärä 2014–2024, Luonnonvarakeskus 6. Satotilasto 1999–2024, Luonnonvarakeskus 7. Säähavainnot Helsinki–Vantaa 1990–2024, Ilmatieteen laitos

Taulukko 14-32. Avoimien viheralueiden määrittelyyn ja laskentaan käytetyt lähtöaineistot HSY 2020, Helsinki 2024 ja HSY 2026 laskennoissa.

HSY 2020	Helsinki 2024	HSY 2026
1. Kaupungin viheralueiden hoitoluokat 2. Helsingin seudun maanpeiteaineisto	1. Kaupungin viheralueiden hoitoluokat	1. RAMS-kunnossapitoluokat, Helsingin, Espoon, Vantaan ja Kauniaisten kaupungit 2. Maastotietokanta 2025, Maanmittauslaitos 3. Säähavainnot Helsinki–Vantaa 1990–2024, Ilmatieteen laitos

Taulukko 14-33. Rakennetun ympäristön viherrakenteiden määrittelyyn ja laskentaan käytetyt lähtöaineistot HSY 2020, Helsinki 2024 ja HSY 2026 laskennoissa.

HSY 2020	Helsinki 2024	HSY 2026
1. Kaupungin viheralueiden hoitoluokat 2. Helsingin seudun maanpeiteaineisto	1. Kaupungin viheralueiden hoitoluokat	1. RAMS-kunnossapitoluokat, Helsingin, Espoon, Vantaan ja Kauniaisten kaupungit 2. Maastotietokanta 2025, Maanmittauslaitos 3. Kiinteistörajat 4. Helsingin seudun maanpeiteaineisto

Taulukko 14-34. Kosteikkojen määrittelyyn ja laskentaan n käytetyt lähtöaineistot HSY 2020, Helsinki 2024 ja HSY 2026 laskennoissa.

HSY 2020	Helsinki 2024	HSY 2026
1. Ei tiedossa, luultavasti Corine 2018 tai Suomen metsäkeskuksen metsävarakuviot	ei huomioitu	1. Maastotietokanta 2025, Maanmittauslaitos 2. Soiden ja turvemaiden ravinteisuustaso 2023, Geologian tutkimuskeskus 3. Turvemaiden alueellinen hiilivarasto 2024, Geologian tutkimuskeskus 4. Tutkitut turvealueet 2014, Geologian tutkimuskeskus

Taulukko 14-35. Maankäytön muutoksen määrittelyyn ja laskentaan käytetyt lähtöaineistot HSY 2020, Helsinki 2024 ja HSY 2026 laskennoissa.

HSY 2020	Helsinki 2024	HSY 2026
ei huomioitu	ei huomioitu	1. Helsingin seudun maanpeiteaineisto 2022 ja 2024, Helsingin seudun ympäristöpalvelut 2. Pääkaupunkiseudun hiilitase 2023–2024, Helsingin seudun ympäristöpalvelut

14.13 Liite 12B: Laskentamenetelmien vertailu aikaisempiin laskentoihin

Liitteen taulukoissa esitetään tässä selvityksessä käytettyjen menetelmien vertailu HSY:n tilaamaan laskentaan vuonna 2020 ja Helsingin laatimaan laskentaan vuonna 2024. Vertailu on jaoteltu tässä selvityksessä käytettyjen pääluokkien,

maaperän sekä hiilivarastojen ja hiilitaseen osatekijöiden mukaisesti. Aikaisemmissa selvityksissä laskennan määrittely ei ole ollut kaikilta osin yhteneväinen tämän selvityksen määrittelyjen kanssa.

Taulukoissa käytetyt lyhenteet: **IPCC** = hallitustenvälisen ilmastonmuutospaneelin laskentaohjeet, **Luke** = Luonnonvarakeskus, **SKHKI** = Suomen kasvihuonekaasuinventaario, **NEE** = nettoekosysteemitase, **NPP** = nettoperustuotanto

Taulukko 14-36. Hiilivarastojen laskentamenetelmien vertailu kivennäismailla HSY 2020, Helsinki 2024 ja HSY 2026 laskennoissa.

Metsä			
Laskenta	**Puusto**	**Matala kasvillisuus**	**Maaperä**
HSY 2020	varasto biomassatiedoista	ei laskettu	Yasso15
Helsinki 2024	varasto biomassatiedoista	ei laskettu	suhdeluku puuston biomassasta
HSY 2026	varasto biomassatiedoista	SKHKI + kirjallisuus	Yasso07
Viljelysmaa			
Laskenta	**Puusto**	**Matala kasvillisuus**	**Maaperä**
HSY 2020	ei laskettu	ei laskettu	Yasso15
Helsinki 2024	ei laskettu	ei laskettu	ei laskettu
HSY 2026	ei laskettu	SKHKI	Yasso07
Avoin viheralue			
Laskenta	**Puusto**	**Matala kasvillisuus**	**Maaperä**
HSY 2020	laskettu metsänä	suhdeluku metsien biomassasta	Yasso15
Helsinki 2024	ei laskettu	ei laskettu	ei laskettu
HSY 2026	varasto biomassatiedoista	SKHKI	Yasso07
Rakennetun ympäristön viherrakenne			
Laskenta	**Puusto**	**Matala kasvillisuus**	**Maaperä**
HSY 2020	laskettu metsänä	suhdeluku metsien biomassasta	Yasso15
Helsinki 2024	ei laskettu	ei laskettu	ei laskettu
HSY 2026	varasto biomassatiedoista	SKHKI + kirjallisuus	kirjallisuus
Kosteikko			
Laskenta	**Puusto**	**Matala kasvillisuus**	**Maaperä**
HSY 2020	laskettu metsänä	ei laskettu	ei laskettu
Helsinki 2024	ei laskettu	ei laskettu	ei laskettu
HSY 2026	varasto biomassatiedoista	SKHKI	kirjallisuus

Taulukko 14-37. Hiilivarastojen laskentamenetelmien vertailu turvemailla HSY 2020, Helsinki 2024 ja HSY 2026 laskennoissa.

Metsä			
Laskenta	**Puusto**	**Matala kasvillisuus**	**Maaperä**
HSY 2020	varasto biomassatiedoista	ei laskettu	kirjallisuus
Helsinki 2024	ei laskettu	ei laskettu	ei laskettu
HSY 2026	varasto biomassatiedoista	SKHKI	kirjallisuus
Viljelysmaa			
Laskenta	**Puusto**	**Matala kasvillisuus**	**Maaperä**
HSY 2020	ei laskettu	ei laskettu	kirjallisuus
Helsinki 2024	ei laskettu	ei laskettu	ei laskettu
HSY 2026	ei laskettu	SKHKI	kirjallisuus
Avoin viheralue			
Laskenta	**Puusto**	**Matala kasvillisuus**	**Maaperä**
HSY 2020	laskettu metsänä	suhdeluku metsien biomassasta	kirjallisuus
Helsinki 2024	ei laskettu	ei laskettu	ei laskettu
HSY 2026	varasto biomassatiedoista	SKHKI	kirjallisuus
Rakennetun ympäristön viherrakenne			
Laskenta	**Puusto**	**Matala kasvillisuus**	**Maaperä**
HSY 2020	laskettu metsänä	suhdeluku metsien biomassasta	kirjallisuus
Helsinki 2024	ei laskettu	ei laskettu	ei laskettu
HSY 2026	varasto biomassatiedoista	SKHKI + kirjallisuus	kirjallisuus
Kosteikko			
Laskenta	**Puusto**	**Matala kasvillisuus**	**Maaperä**
HSY 2020	laskettu metsänä	kirjallisuus	kirjallisuus
Helsinki 2024	ei laskettu	ei laskettu	ei laskettu
HSY 2026	varasto biomassatiedoista	SKHKI	kirjallisuus

Taulukko 14-38. Hiilitaseen laskentamenetelmien vertailu kivennäismailla HSY 2020, Helsinki 2024 ja HSY 2026 laskennoissa.

Metsä			
Laskenta	**Puusto**	**Matala kasvillisuus**	**Maaperä**
HSY 2020	varaston muutos	ei laskettu	Yasso15
Helsinki 2024	kasvu - poistuma	ei laskettu	kirjallisuus (suhdeluku)
HSY 2026	varaston muutos	kirjallisuus (NPP)	Yasso07
Viljelysmaa			
Laskenta	**Puusto**	**Matala kasvillisuus**	**Maaperä**
HSY 2020	ei laskettu	ei laskettu	Yasso15
Helsinki 2024	ei laskettu	kirjallisuus (NEE)	kirjallisuus (NEE)
HSY 2026	ei laskettu	ei laskettu	Yasso07
Avoin viheralue			
Laskenta	**Puusto**	**Matala kasvillisuus**	**Maaperä**
HSY 2020	laskettu metsänä	ei laskettu	Yasso15
Helsinki 2024	ei laskettu	kirjallisuus (NEE)	kirjallisuus (NEE)
HSY 2026	varaston muutos	kirjallisuus (NEE)	kirjallisuus (NEE)
Rakennetun ympäristön viherrakenne			
Laskenta	**Puusto**	**Matala kasvillisuus**	**Maaperä**
HSY 2020	laskettu metsänä	ei laskettu	Yasso15
Helsinki 2024	kasvukerroin	ei laskettu	ei laskettu
HSY 2026	varaston muutos	kirjallisuus (NEE)	kirjallisuus (NEE)
Kosteikko			
Laskenta	**Puusto**	**Matala kasvillisuus**	**Maaperä**
HSY 2020	laskettu metsänä	ei laskettu	ei laskettu
Helsinki 2024	ei laskettu	ei laskettu	ei laskettu
HSY 2026	varaston muutos	kirjallisuus (NEE)	kirjallisuus (NEE)
Maankäytön muutos			
Laskenta	**Puusto**	**Matala kasvillisuus**	**Maaperä**
HSY 2020	ei laskettu	ei laskettu	ei laskettu
Helsinki 2024	ei laskettu	ei laskettu	ei laskettu
HSY 2026	varaston muutos	varaston muutos	varaston muutos

Taulukko 14-39. Hiilitaseen laskentamenetelmien vertailu turvemailla HSY 2020, Helsinki 2024 ja HSY 2026 laskennoissa.

Metsä			
Laskenta	**Puusto**	**Matala kasvillisuus**	**Maaperä**
HSY 2020	varaston muutos	ei laskettu	ojitettu: SKHKI (Etelä-Suomen arvot)
Helsinki 2024	kasvu - poistuma	ei laskettu	ei laskettu
HSY 2026	varaston muutos	kirjallisuus (NPP)	ojitettu: Luke (Uudenmaan arvot) ojittamaton: ei laskettu
Viljelysmaa			
Laskenta	**Puusto**	**Matala kasvillisuus**	**Maaperä**
HSY 2020	ei laskettu	kirjallisuus (NEE)	kirjallisuus (NEE)
Helsinki 2024	ei laskettu	ei laskettu	ei laskettu
HSY 2026	ei laskettu	IPCC (NEE)	IPCC (NEE)
Avoin viheralue			
Laskenta	**Puusto**	**Matala kasvillisuus**	**Maaperä**
HSY 2020	laskettu metsänä	ei laskettu	ei laskettu
Helsinki 2024	ei laskettu	ei laskettu	ei laskettu
HSY 2026	varaston muutos	ojitettu: IPCC (NEE) ojittamaton: kirjallisuus (NEE)	ojitettu: IPCC (NEE) ojittamaton: kirjallisuus (NEE)
Rakennetun ympäristön viherrakenne			
Laskenta	**Puusto**	**Matala kasvillisuus**	**Maaperä**
HSY 2020	laskettu metsänä	ei laskettu	ei laskettu
Helsinki 2024	kasvukerroin	ei laskettu	ei laskettu
HSY 2026	varaston muutos	ojitettu: IPCC (NEE) ojittamaton: kirjallisuus (NEE)	ojitettu: IPCC (NEE) ojittamaton: kirjallisuus (NEE)
Kosteikko			
Laskenta	**Puusto**	**Matala kasvillisuus**	**Maaperä**
HSY 2020	laskettu metsänä	ei laskettu	ei laskettu
Helsinki 2024	ei laskettu	ei laskettu	ei laskettu
HSY 2026	varaston muutos	ojitettu rantakosteikko: IPCC (NEE) ojittamaton rantakosteikko: kirjallisuus (NEE) ojittamaton suo: kirjallisuus (NPP)	ojitettu rantakosteikko: IPCC (NEE) ojittamaton rantakosteikko: kirjallisuus (NEE) ojittamaton suo: ei laskettu
Maankäytön muutos			
Laskenta	**Puusto**	**Matala kasvillisuus**	**Maaperä**
HSY 2020	ei laskettu	ei laskettu	ei laskettu
Helsinki 2024	ei laskettu	ei laskettu	ei laskettu
HSY 2026	varaston muutos	varaston muutos	varaston muutos