



Helsingin kaupunki
Ympäristökeskus

Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 9/2014



Kuntien hiilitasekartoitus osa 1

Helsingin, Lahden, Turun, Vantaan ja Espoon
maankäyttösektorin kasvihuonekaasupäästöt,
hiilinielut ja hiilivarastot

Jussi Rasinmäki (Simosol Oy) ja Riina Känkänen (Ramboll Finland Oy)

Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 9/2014

Jussi Rasinmäki (Simosol Oy) ja Riina Känkänen
(Ramboll Finland Oy)

Kuntien hiilitasekartoitus osa 1

Helsingin, Lahden, Turun, Vantaan ja Espoon maankäyttösektorin
kasvihuonekaasupäästöt, hiilinielut ja hiilivarastot



Ilmastonkestävä **kaupunki**

Ilmastonkestävä kaupunki (ILKKA) – työkaluja suunnitteluun



Helsingin kaupunki

LAHTI

TURKU



Vantaa



ESPOON
KAUPUNKI



SIMOSOL

RAMBOLL

Vipuvoimaa
EU:lta

Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Helsingin kaupungin ympäristökeskus
Helsinki 2014

Kannen kuva: Helsingin kaupungin aineistopankki / Sky Foto

ISSN 1235-9718
ISBN 978-952-272-718-3
ISBN (PDF) 978-952-272-719-0

Painopaikka: Kopio Niini Oy
Helsinki 2014

Sisällysluettelo

Tiivistelmä	2
Summary	5
Keskeiset käsitteet	8
1 Johdanto	9
2 Maankäyttösektorin hiilivarastot ja niiden muutokset	10
2.1 Maankäyttösektorin kasvihuonekaasupäästöt	10
2.2 Hiilinielut ja -varastot	11
3 Aineisto ja menetelmät	13
3.1 Aluerajaukset ja maankäyttöluokat	13
3.2 Laskentamenetelmä; maaperän hiilivarasto ja sen muutos	15
3.3 Viheraluehoitoluokat: rakennetut puistot (A) ja avoimet alueet (B)	16
3.3.1 A&B: Hiilivaraston koko; kasvillisuus	16
3.3.2 A&B: Hiilivaraston koko; maaperä	17
3.3.3 A&B: Hiilivarastojen muutos	19
3.4 Viheraluehoitoluokka: metsät (C)	19
3.4.1 C: Hiilivaraston koko; kasvillisuus	19
3.4.2 C: Hiilivaraston koko; maaperä	19
3.4.3 C: Hiilivarastojen muutos	23
3.5 Yhteenveto: maaperähiilivarastojen muutokset maankäyttömuutoksen jälkeen	23
4 Tulokset	25
4.1 Kokonaishiilimäärä ja varastojen muutos kaupungeittain	25
5 Tulosten analysointi	37
5.1 Kaupunkien väliset erot ja niiden syyt	37
5.2 Viheraluehoitoluokat: rakennetut puistot (A), avoimet alueet (B)	38
5.3 Viheraluehoitoluokat: metsät (C)	40
5.4 Tulosten luotettavuus	43
6 Johtopäätökset ja toimenpidesuosituks	45
7 Lähteet	48
Liite 1. Kaupunkien hiilivarastojen koot ja niiden muutokset	
Liite 2. Viheraluehoitokattaiset hiilivarastojen koot ja niiden muutokset	

Tiivistelmä

Kuntien hiilitasekartoitus -hanke on osa Ilmastonkestävä kaupunki (ILKKA) – työkaluja suunnitteluun -hanketta, jolla edistetään ilmastonkestävää kaupunkisuunnittelua. Hankkeen osassa 1 lasketaan Helsingin, Lahden, Turun, Vantaan ja Espoon kaupunkien metsiin, peltoihin ja puistoihin sitoutuneet hiilivarastot ja niiden muutos tiettyinä tarkasteluvuonna. Hankkeen osassa 2 kehitetään asemakaava- ja tonttitasolla käytettävä työkalu, jonka avulla maankäytön suunnittelija voi saada tietoa hiilinielujen ja maankäytön kasvihuonekaasupäästöjen muutoksesta rakennettavalla alueella.

Tässä raportissa esitetään hankkeen osan 1 laskennan tulokset. Tulokset havainnollistavat tarkasteltavien kaupunkien kasvillisuusalueisiin – metsiin, puistoihin ja peltoihin – sitoutuneen hiilen kokonaismäärää sekä eri maankäyttöluokkien merkitystä hiilen sidonnassa. Tulosten tarkastelussa keskitytään eri maankäyttömuotojen merkitykseen hiilen sidonnassa sekä kaupunkien välisiin eroihin hiilivarastoissa. Johtopäätöksissä kerrotaan, miten kestäväällä yhdyskuntasuunnittelulla voidaan lisätä hiilinieluja ja vähentää maankäytön kasvihuonekaasupäästöjä.

Kaupungin kasvillisuusalueiden hiilivarastot ovat sitä suuremmat, mitä enemmän alueella on tässä järjestyksessä: metsiä, pelloja ja muita viheralueita, kuten rakennettuja puistoja. Kaupunkien väliset erot kasvillisuusalueiden puuston ja maaperän hiilivarastojen koossa johtuvat erityyppisestä maankäytöstä kaupungeissa. Espoossa on suurin metsien osuus tarkastelluista kaupungeista, joten sen hehtaarikohtainen hiilivarastokin on suurin. Turussa metsien osuus on kaupungeista pienin, joten myös sen hehtaarikohtainen hiilivarasto on pienin. Turun eroa muihin kaupunkeihin kaventaa se, että muista kuin metsäisistä viheraluehoitoluokista pellojen osuus on siellä suuri. Pelloilla on viheraluehoitoluokista suurin maaperähiilen varaston koko metsien jälkeen.

Kasvillisuuteen ja maaperään sitoutuneen hiilen välillä on positiivinen kytkentä: mitä suurempi on kasvillisuuden pysyvä määrä, sitä suuremmaksi kasvaa myös maaperän hiilivaraston koko. Metsien osalta kaupunkien erot maahiilen osalta määräytyvät paitsi hoitoluokkajakauaman, myös puuston keskimääräisen kehitysvaiheen kautta puuston määrän ja maaperähiilen määrän välisen kytkennän takia. Lisäksi eroihin vaikuttavat erot kaupunkien välillä kasvupaikkaluokkajakauassa. Kasvupaikkaluokat kuvaavat biomassan tuotospotentiaalia, ”rehevyyttä”, ja merkittävin ero kaupunkien välillä oli rehevien kasvupaikkojen pieni osuus Turussa verrattuna muihin kaupunkeihin.

Tarkastelussa eri viheraluehoitoluokat asettuivat seuraavaan järjestykseen maaperän hiilivaraston koon suhteen (suurimmasta pienimpään):

C5 Arvometsät
C2/C3 Ulkoilu- ja virkistymetsä, suojametsä
C4 Talousmetsä
C1 Lähimetsä
B1 Maisemapellot
A3 Käyttö- ja suojaviheralueet
B4 Avoimet alueet ja näkymät
B2/B3 Käyttöniityt, maisemaniityt ja laidun-alueet
A2 Käyttöviheralueet
A1 Edustusviheralueet

Tämä järjestys pätee pitkälti myös kokonaishiilivaraston suhteen, sillä metsässä (C-luokat) on keskimäärin suurempi kasvillisuuden määrä kuin rakennetuilla (A) ja avoimilla viheralueilla (B). Pääluokkien sisällä luokkien välinen järjestys voi muuttua kasvillisuuden hiilivaraston johdosta. Lisäksi esitetty hoitoluokkien järjestys ei ota huomioon hakkuissa metsästä poistuvaa puuainesta. Jos puutuote- ja energiantuotantoketjuun metsästä siirretty hiilimäärä otettaisiin tarkastelussa huomioon, vaikuttaisi se todennäköisesti C-hoitoluokkien keskinäiseen järjestykseen.

Laskennan tuloksia voidaan hyödyntää yhdyskuntasuunnittelussa. Rakentamista voidaan mahdollisuuksien mukaan ohjata niin, että kaupungin tärkeimmät hiilinielut säilyvät. Tiivis ja eheä yhdyskuntarakenne turvaa hiilivarastoja ja -nieluja: maa saadaan tehokkaimmin hyödynnettyä rakentamiseen ja tarve muuttaa metsämaita rakennusmaiksi pienenee. Mikäli maankäyttömuutosta suunniteltaessa on mahdollista valita erilaisten metsäalueiden väliltä, kannattaa hiili-varastojen kannalta valita maankäytön muutoksen kohteeksi kasvupotentiaaliltaan heikoimmat alueet, joiden hiilivarastojen koko on pienempi kuin rehevien kasvupaikkojen metsissä.

Kaupunkien maankäyttösektorin hiilivaraston kokoa voi kasvattaa suosimalla maankäyttömuotoja, jotka ylläpitävät mahdollisimman suurta kasvillisuuden määrää pinta-alayksikköä kohden. Metsät ovat siihen luontevin keino. Aktiiviviljelyssä olevalla pellolla on merkittävästi suurempi hiilivarasto kuin muilla avoimilla ja rakennetuilla viheralueilla. Rakennetuilla viheralueilla hiilivarasto kehittyy suotuisasti, mikäli alueella suositaan luonnonmukaisuutta, kasvillisuuden suurta määrää ja monikerroksellisuutta sekä vältetään kasvimateriaalin poistoa alueelta.

YHTEENVETO. Kasvillisuusalueiden hiilivarastot maankäytön suunnittelussa

Metsät ovat Suomen tärkein hiilinielu. Kaupungin/kunnan hiilivarastot ovat sitä suuremmat, mitä enemmän alueella on tässä järjestyksessä: metsiä, peltoja ja muita viheralueita, kuten rakennettuja puistoja.

Alueen hiilivarastojen ylläpitämiseksi tai lisäämiseksi oleellisia keinoja ovat:

- olemassa olevien metsien säilyttäminen (erityisen rehevät kasvupaikat);
- olemassa olevien viljeltyjen peltujen säilyttäminen ja käytöstä poistettujen peltujen metsittäminen;
- kasvillisuuden määrän maksimointi ja luonnonmukaisuuden suosiminen istutusalueilla;
- rakennuskäyttöön otettujen tai pinnoitettujen alueiden määrän minimointi.

Maankäytön suunnittelussa edellä mainittuihin keinoihin vaikutetaan merkittävimmin alueiden käyttötarkoitusten ja rakentamisen sijoittumisen ohjauksella.

Summary

The carbon balance review of municipalities is part of the Climate-proof city (ILKKA) – tools for planning project, the purpose of which is to promote climate-proof urban planning. In the first part of the project, the carbon reservoirs of the forests, fields and parks of the cities of Helsinki, Lahti, Turku, Vantaa and Espoo and their changes during a specific year are calculated. In the second part of the project, a tool used at the city plan and city plot level is developed. A land use planner can then use this tool to find out more about the change of carbon sinks and greenhouse gas emissions of land use in the constructed area.

This report presents the results from the calculations of the project's first part. The results illustrate the total amount of carbon bound to the vegetation areas of the inspected cities, to forests, parks and fields, and also the significance of different land use classes in reserving carbon. When reviewing the results, the focus lies on the significance of various forms of land use on reserving carbon and the differences of carbon reservoirs between the different cities. The conclusions explain how sustainable community planning could increase the amount of carbon sinks and decrease the greenhouse gas emissions of land use.

The carbon reservoirs of a city's vegetation areas are larger the more the area has forests, fields and other green areas, such as constructed parks, in this order. The differences between cities, concerning the size of carbon reservoirs in the tree stands and soil, are due to the different forms of land use in the cities. Espoo has the largest share of forests out of all the reviewed cities, which means that its hectare-specific carbon reservoir is also the largest. Turku has the smallest share of forests of all the cities, and, therefore, it has the smallest hectare-specific carbon reservoir. However, the difference between Turku and other cities is reduced, as a large part of it is covered with other green area maintenance class than forests, in this case, fields. After forests, fields have the largest soil carbon reservoir size out of all the green area maintenance classes.

There is a positive connection between the carbon reserved in the vegetation and the soil: the larger the permanent amount of vegetation, the greater the size of the soil's carbon reservoir. In regard to the forests, the differences between the cities concerning the carbon reservoirs in the soil are also, in addition to the distribution of maintenance classes, partly based on the average development phase of the tree stands, due to the connection between the amount of tree stands and the carbon in the soil. Furthermore, the differences of the habitat class distribution between the cities affect the differences. The habitat classes describe the output potential of the biomass, their "lushness", and the most significant difference between the cities is the small amount of lush habitats in Turku, compared to the other cities.

In the review, the different green area maintenance classes were listed as follows, based on the size of their soil's carbon reservoirs (from largest to smallest):

C5 Valued forests
C2/C3 Recreational forests, protective forest zones
C4 Commercial forests
C1 Forests near residential areas
B1 Landscape fields
A3 Recreational and protective green areas
B4 Open areas and landscapes
B2/B3 Recreational meadows, landscape meadows and pastures
A2 Recreational green areas
A1 High-class green areas

This ranking also applies, in most parts, to the total volume of carbon reservoirs, as forests (Class C) have, on average, more vegetation than constructed (Class A) and open (Class B) green areas. Within the main classes, the order of the subclasses can change, due to the carbon reservoirs of the vegetation. In addition, the presented listing of maintenance classes does not take into account the wood mass removed from the forests during felling. If the amount of carbon taken from the forest into the production chain of wood products and energy would be taken into account, it would probably alter the order inside the C maintenance class.

The results from the calculations can also be utilised from community planning. If possible, construction can be directed, so that the city's most important carbon sinks are conserved. A dense and integrated community structure protects the carbon reservoirs and sinks: the land can be utilised for construction more efficiently and the need to turn forest areas into construction sites decreases. If it is possible to make a selection between various forest areas, when planning the change of land use, it is better, in regard to the carbon reservoirs, to choose such target areas for the land use change that have the weakest growth potential, which means that the size of their carbon reservoirs is smaller than in forests with lush habitats.

The size of the carbon reservoir of the city's land use sector can be increased by favouring forms of land use that conserve as much vegetation per surface area unit as possible. Forests are the most natural choice for this. If the field is used for active cultivation, it has a, significantly, larger carbon reservoir than other open, constructed green areas. In constructed green areas, the carbon reservoirs can improve, if natural methods, a large volume of vegetation and multi-layered flora are favoured in the area and if the removal of vegetation is avoided.

SUMMARY. Carbon reservoirs of vegetation areas in land use planning

Forests are the most important carbon sink in Finland. The carbon reservoirs of a city/municipality are larger the more the area has forests, fields and other green areas, such as constructed parks, in this order.

The essential measures for conserving or increasing the carbon reservoirs of an area are:

- the conservation of existing forests (particularly lush habitats);
- the conservation of existing, cultivated fields and the re-forestation of fields no longer in use;
- maximising the amount of vegetation and favouring natural methods in cultivated areas;
- minimising the amount of constructed or surfaced areas.

The abovementioned measures can be best promoted in land use planning by controlling the purpose of use of the areas and their location.

Keskeiset käsitteet

Hiilen kierto	Tarkoittaa hiilen (C) kiertoa ilmakehän, kasvillisuuden, vesistöjen ja maaperän välillä. Kierto voidaan jakaa sen keston perusteella nopeaan biosykliin ja hitaaseen geosykliin.
Hiilinielu	Mikä tahansa prosessi, toiminta tai mekanismi, joka sitoo hiiltä ilmakehästä. Hiilinieluja ovat maaperän kasvillisuus ja merien pintakerrokset, joihin sitoutuu hiilidioksidia fotosynteesissä, ja joista sitä vapautuu palamisen ja maatumisen kautta takaisin ilmakehään. Hiilinieluksi kutsutaan hiilivarastoa, jonka koko kasvaa (t/ha/v).
Hiilen varasto	Hiiltä on varastoitunut eri olomuotoina, kasvien ja eläinten biomassassa, ilmakehässä (enimmäkseen hiilidioksidina, CO ₂), liuenneena valtameriin ja erilaisissa kiviaineksissa (mm. kalkkikivissä ja kivihiilessä). Hiilen siirtymistä olomuodosta ja varastosta toiseen kutsutaan hiilen kierroksi.
Hiilen lähde	Prosessi tai kohde on hiilen lähde, kun siitä vapautuu hiilidioksidia ilmakehään. Hiilivarastot voivat ajoittain olla hiilen lähteitä, mikäli hiilivarastoista vapautuu ilmakehään enemmän hiiltä kuin sitä sitoutuu.
Kasvihuonekaasu (khk)	Tärkeimmät ilmakehässä luonnostaan esiintyvät kasvihuonekaasut ovat vesihöyry (H ₂ O), hiilidioksidi (CO ₂), metaani (CH ₄), dityppioksidi (N ₂ O) ja otsoni (O ₃).
Maankäyttösektorin khk-päästöt	Kansallisessa kasvihuonekaasuinventaariossa raportoidut päästöt maankäyttö, maankäytön muutos ja metsätalous (LU-LUCF) -sektorilla. Raportoinnin maankäyttöluokat ovat: metsämaa, maatalousmaa, ruohikkoalueet, kosteikot, rakennettu maa, muu maa.
Metsän hiilitase	Metsän hiilitase kuvastaa metsään varastoituneen hiilen määrää. Metsän hiilitase lasketaan siten, että puuston kasvusta on vähennetty kokonaispoistuma ja siten saatu tase on muunnettu hiilidioksidiksi (puumassaan sitoutunut hiili). Lisäksi laskennassa otetaan huomioon maaperään, kuolleeseen puuhun ja karikkeeseen sitoutuneen hiilen määrä. Metsän hiilitaseessa on mukana myös lannoituksen, metsäpalojen ja kulotuksen kasvihuonekaasupäästöt.
Hiilidioksidiekvivalentti, CO ₂ -ekv	Kasvihuonekaasupäästöjen yhteismitta, jonka avulla voidaan laskea yhteen eri kasvihuonekaasujen päästöjen vaikutus kasvihuoneilmaston voimistumiseen. Päästöt yhteismitallistetaan eli muunnetaan ekvivalenttiseksi hiilidioksidiksi lämmityspotentiaalikertoimen avulla. Ks. http://tinyurl.com/neba8tl

1 Johdanto

Kuntien hiilitasekartoitus -hanke on osa Ilmastonkestävä kaupunki (ILKKA) – työkaluja suunnitteluun -hanketta, jolla edistetään ilmaston kestäväää kaupunkisuunnittelua. ILKKA-hankkeen tarkoituksena on luoda suunnittelutyökaluja ja -ohjeistuksia kaupunkisuunnittelijoille sekä rakennus- ja viheralan yrityksille ilmastomuutoksen huomioonottamisesta suunnittelussa.

Kuntien hiilitasekartoitus -hankkeessa lasketaan Helsingin, Lahden, Turun, Vantaan ja Espoon kaupunkien maankäytön kasvihuonekaasupäästöt, hiilinielut ja -varastot. Laskennan tulosten perusteella kehitetään asemakaava- ja tonttitasolla käytettävä työkalu, jonka avulla maankäytön suunnittelija voi saada tietoa hiilinielujen ja maankäytön kasvihuonekaasupäästöjen muutoksesta rakennettavalla alueella. Laskentatyökalussa nykyistä maankäyttöä verrataan maankäyttösuunnitelman mukaiseen tilanteeseen.

Kuntien hiilitasekartoitus -hanke koostuu seuraavasta kahdesta osasta:

- Osassa 1 lasketaan Helsingin, Lahden, Turun, Vantaan ja Espoon kaupunkien metsiin, peltoihin ja puistoihin sitoutuneet hiilivarastot ja niiden muutos tietyssä tarkasteluvuonna.
- Osassa 2 kehitetään laskentamenetelmä asemakaava- ja tonttialueen maankäyttömuutosten ja rakentamisen vaikutusten arviointiin hiilivarastojen muutosten osalta. Lisäksi kartoitetaan hiilinieluja lisääviä ja maankäytön kasvihuonekaasupäästöjä vähentäviä toimenpiteitä rakennettavan alueen maankäytön suunnittelun ja kaavoituksen tueksi.

Tässä raportissa esitetään osan 1 laskennan tulokset. Tulokset havainnollistavat tarkasteltavien kaupunkien viherrakentamiseen, puistoihin, peltoihin ja metsäalueisiin sitoutuneen hiilen kokonaismäärää ja sen vuotuista muutosta. Tulosten tarkastelussa keskitytään eri maankäyttömuotojen merkitykseen hiilen sidonnassa sekä kaupunkien välisiin eroihin hiilivarastoissa. Lisäksi esitetään toimenpiteitä, joilla voidaan lisätä hiilinieluja ja vähentää maankäytön kasvihuonekaasupäästöjä.

Työhön ovat osallistuneet konsulttien, Simosol Oy:n ja Ramboll Oy:n, puolelta Jussi Rasinmäki (projektipäällikkö), Riina Känkänen (projektikoordinaattori), Jouni Kalliovirta, Aino-Kaisa Nuotio, Kirsikka Siik, Isa Melander-Ekström ja Laura Lundgren. Työssä mukana olevien kaupunkien puolelta työtä ovat ohjanneet Eliina Järvelä, Jari Viinanen, Auni Haapala ja Petteri Huuska (Helsingin kaupungin ympäristökeskus), Suvi Tyynilä ja Alpo Tani (Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto), Tiina Saukkonen (Helsingin kaupungin rakennusvirasto), Sari Soini (Espoon kaupungin ympäristökeskus), Miika Meretoja (Turun kaupunki), Aino Leino, Jaakko Vähämäki ja Maarit Leppänen (Vantaan kaupunki), Marko Nurminen (Lahden kaupunki) sekä Mikko Pusa (Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY).

2 Maankäyttösektorin hiilivarastot ja niiden muutokset

2.1 Maankäyttösektorin kasvihuonekaasupäästöt

Suomen kasvihuonekaasujen päästöt lasketaan vuosittain päivittyvässä kasvihuonekaasuinventaariossa, jota ylläpitää Tilastokeskus. Inventaario sisältää seuraavien kasvihuonekaasujen päästöt: hiilidioksidi (CO₂), metaani (CH₄), dityppioksidi (N₂O), fluorihilivedyt (HFC), perfluorihilivedyt (PFC) ja rikkiheksafluoridi (SF₆). Eri kaasujen päästömäärät summataan muuntamalla kukin päästö hiilidioksidiekvivalenttien (CO₂-ekv.) määräksi.

Inventaariossa käytetään seuraavaa toimialajakoa:

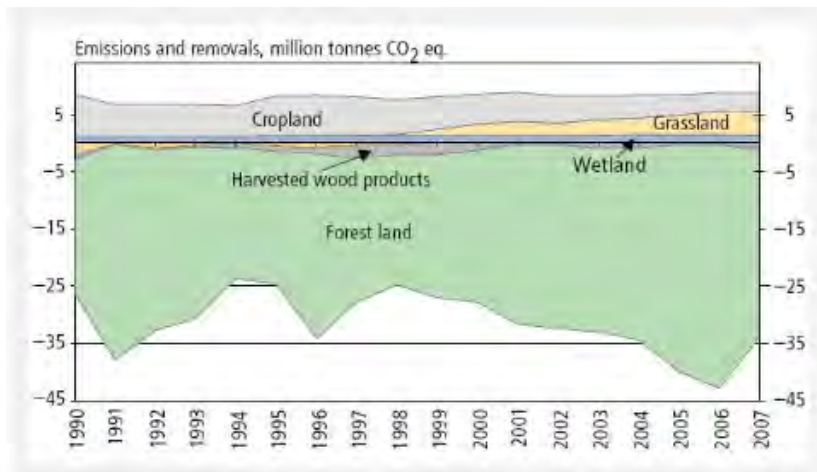
- energiasektori (polttoaineiden poltto sekä niiden tuotanto ja jakelu)
- teollisuusprosessit (teollisuusprosesseista vapautuvat, raaka-aineiden käytöstä aiheutuvat päästöt)
- liuottimien ja muiden tuotteiden käyttö (dityppioksidin käyttö teollisissa prosesseissa ja lääketieteessä, maalien ja liuottimien käyttö)
- maatalous (eläinten ruuansulatuksen, lannankäsittelyn sekä maatalousmaan metaani- ja dityppioksidipäästöt)
- jätehuolto (kiinteän jätteen ja jäteveden käsittely, esimerkiksi kaatopaikat ja kompostointi)
- ns. LULUCF-sektori (maankäyttö, maankäytön muutokset ja metsätalous)

Maankäyttö, maankäytön muutos ja metsätalous (LULUCF) on merkittävä kasvihuonekaasupäästöihin ja -nieluihin vaikuttava sektori: sen päästöt vastaavat noin yhdeksää prosenttia EU:n kokonaispäästöistä, joten sektori on perustellusti osa EU:n yhteistä ilmastopolitiikkaa.

Maankäyttö, maankäytön muutos ja metsätalous -sektorilla Suomi raportoi sekä kasvihuonekaasupäästöjä että hiilinieluja. Nieluilla tarkoitetaan hiilidioksidin sitoutumista ilmakehästä hiilivarastoihin, kuten kasvien biomassaan tai maaperään. Kun hiilidioksidia sitoutuu enemmän kuin sitä vapautuu, hiilivarastoa kutsutaan hiilen nieluksi. Kun varasto on hiilen lähde, siitä vapautuu hiilidioksidia enemmän kuin siihen sitoutuu. Sektorilla raportoidaan hiilivarastojen muutokset kuudesta eri maankäyttöluokasta jotka kattavat koko Suomen maapinta-alan: metsämaa, viljelysmaa, ruohikkomaa, kosteikot, rakennettu maa ja muu maa.

Päästölaskentaa voidaan pitää osana asemakaavan vaikutusten arviointia, joka perustuu maankäyttö- ja rakennuslain 9§:ään. Päästölaskenta on maankäytön suunnittelun apuväline, jolla pyritään CO₂e-päästöjen vähentämiseen. Lainsäädäntö ei kuitenkaan edellytä laskennallisia tarkasteluja.

Kuvassa 1 on esitetty Suomen LULUCF-sektorin hiilidioksidipäästöt ja -poistot vuosina 1990–2007. Vaikka maankäyttö, maankäytön muutos ja metsätalous -sektori on ollut Suomessa selkeästi hiilinielu, tuottaa sektori myös merkittäviä päästöjä. Suurimmat päästöt raportoidaan ojitettujen turvemaiden maaperästä sekä metsä- että maatalousmailta.

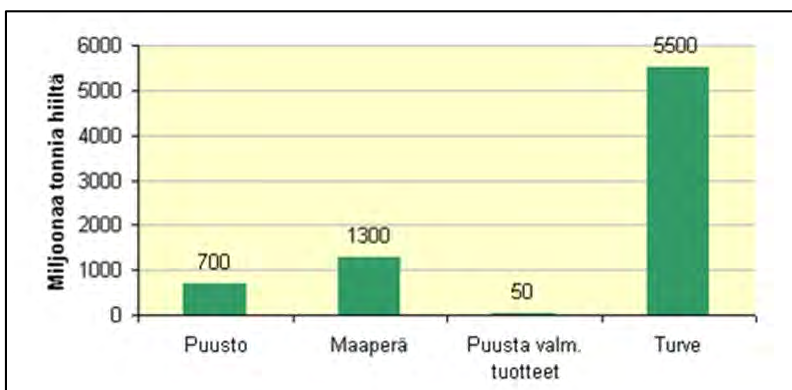


Kuva 1. LULUCF-sektorin hiilidioksidipäästöt (positiivisina) ja -poistot (negatiivisina) vuosina 1990–2007 (Lähde: Ympäristöministeriö ja Suomen Tilastokeskus 2009).

2.2 Hiilinielut ja -varastot

Luonnossa hiiltä on sitoutuneena sekä maanpäälliseen kasvillisuuteen että maaperään. Metsät ovat Suomen tärkein hiilinielu. Metsien hiilinielu kattaa vajaa puolet Suomen kokonaishiilidioksidipäästöistä. Suomen metsien puustoon on varastoitunut hiiltä sama määrä (360 Tg) kuin kivennäismaiden orgaaniseen kerrokseen (Kauppi ym. 1995).

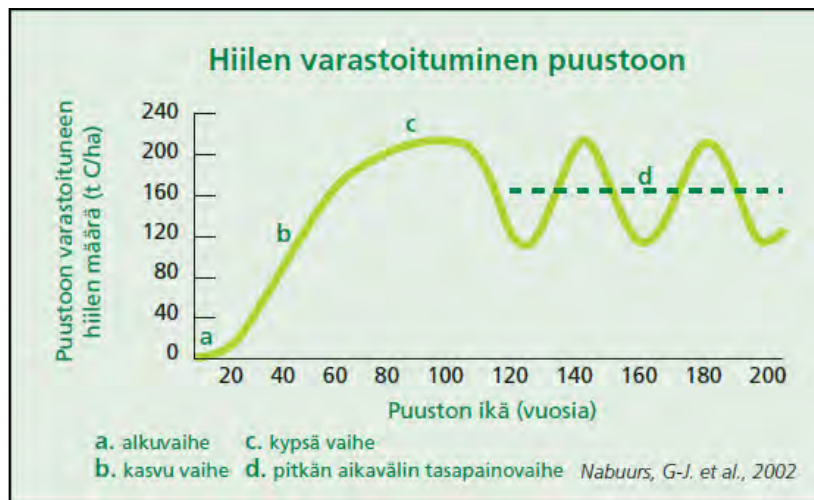
Liski ym. (1997) mukaan kivennäismaiden orgaaninen kerros sisältää vain 28 % maaperän hiilestä. Suurin osa kivennäismaiden maaperän hiilestä (70 %) on sitoutuneena ylimpään metrin paksuiseen kivennäismaakerrokseen. Alempiin kivennäismaakerrokseen jää vain 2 % maaperän kokonaishiilestä. Turvemaiden hiilivarasto on noin viisinkertainen kivennäismaiden varastoon verrattuna. Kivennäismaiden maaperään sitoutuneen hiilen määrä riippuu ilmastollisten olosuhteiden lisäksi maan ravinteisuudesta sekä alueella vallinneesta kasvillisuudesta ja ihmisen toiminnasta (kuva 2).



Kuva 2. Suomen metsien hiilivarastot (Lähde: Jari Liski, Suomen Ympäristökeskus SYKE).

Puustoon sitoutuneen hiilen määrä muuttuu ajan funktiona (Kuva 3), kuten myös maaperään sitoutuneen hiilen määrä. Hiilen määrän muutoksessa on eroja maaperän ja kasvillisuuden välillä. Puuston kasvu lisää hiilen määrää puustossa, kun taas hakkuut ja luonnonpoistuma vähentävät sitä. Eriikäisellä puustolla kasvunopeus ja kariketuotanto eroavat toisistaan merkittävästi. Hiilidioksidia sitoo eniten puiden kasvu. Siksi hoidetut, etenkin nuoret, metsät ovat luonnontilaisia metsiä tehokkaampia hiilinieluja. Luonnontilaisissa vanhoissa metsissä on varastossa enemmän hiiltä kuin talousmetsissä, mutta se vapauttaa yhtä paljon hiilidioksidia kuin sitookin.

Maaperän hiilivaraston muutos riippuu maahan karikkeena tulevan hiilen määrästä sekä hiilen hajoamisesta maaperässä. Täten hakkuiden jälkeen, kun puustosta jää hakkuutähteitä ja kantoja maahan lahoamaan, maaperän hiilimäärä kohoaa nopeasti. Metsän uudistuksen jälkeen huippuunsa kohonnut maaperän hiilen määrä alkaa pienentyä, kunnes kasvavasta puustosta alkaa jälleen kertyä karikesadantana uutta hiiltä maahan enemmän kuin hiiltä ehtii hajota maaperästä ilma-kehään.



Kuva 3. Hiilen varastoituminen puustoon iän funktiona.

3 Aineisto ja menetelmät

3.1 Aluerajaukset ja maankäyttöluokat

Tarkastelun kohteena oleva alue rajattiin kuntarajoilla. Lisäksi mukaan sisällytettiin kaupunkien omistuksessa olevat kaupunkien rajojen ulkopuolella olevat alueet siltä osin, kun niistä oli saatavilla kaupunkien toimittamaa raja-ainestoa.

Laskentaa ohjaavana luokittelevana tietona käytettiin viheraluehoitoluokitusta (Päätöksentekijän opas, Viherhoidon ABC, 2009). Eri viheraluehoitoluokissa on sekä erityyppinen kasvillisuuden määrä¹ että hoidon intensiteetti. Nämä vaikuttavat suoraan myös maaperän hiilivaraston kokoon. Viheraluehoitoluokat on esitelty taulukossa 1.

Taulukko 1. Viheraluehoitoluokat ja niiden tyypilliset käyttökohteet (Päätöksentekijän opas, Viherhoidon ABC, 2009).

Viheraluehoitoluokka	Alueen hoidon pääpiirteet
A Rakennetut viheralueet	
A1 Edustusviheralueet	Tärkeiden julkisten rakennusten pihoja, keskeisiä kaupunkipuistoja, -aukioita tai niiden osia
A2 Käyttöviheralueet	Kaupunkipuistoja ja -aukioita, leikkipuistoja, liikenneviheralueita keskustata-alueella, pihoja sekä liikuntaan ja toimintaan tarkoitettuja viheralueita.
A3 Käyttö- ja suojaviheralueet	Yleensä laajoja rakennetun ja luonnonympäristön välimaastoon sijoitettavia puistoja, suojavyöhykkeitä tai kiinteistöjen piha-alueiden luonnonmukaisemmin hoidettavia osia, liikuntavihreyttä sekä katuviheralueita ydinkeskustan ulkopuolella.
B Avoimet viheralueet	
B1 Maisemapelto	Muokattuja ja käytettyjä maa-alueita, joilla viljellään maisemakasveja.
B2 Käyttöniitty	Avoimia tai puoliavoimia yleensä koko pinta-alaltaan käytettävissä olevia niittyjä
B3 Maisemaniitty ja laidunalue	Maisemaniityt ovat avoimia tai puoliavoimia niittyjä, joissa kulku on ohjattu esimerkiksi poluille. Laidunalueet ovat niittyjä, jotka hoidetaan laiduntamalla.
B4 Avoin alue ja näkymä	Alueita, joita ylläpidetään avoimina näkymien säilyttämiseksi tai esimerkiksi alueella olevan teknisen verkoston ylläpitämiseksi (sähkölinjat).
B5 Arvoniitty	Kulttuuriperinteen, maiseman tai luonnon monimuotoisuuden kannalta merkittäviä niittyjä

1 Hankkeessa tarkasteltavina olevissa kunnissa metsäiset viheralueet on luokiteltu valtakunnallisen viheralueiden hoitoluokituksen mukaan. Eri hoitoluokkia edustavilla metsäalueilla on erilainen puuston kasvutiheys. Lisäksi hakkuutähteet poistetaan osassa puistoista kokonaan tai osittain.

Viheraluehoitoluokka	Alueen hoidon pääpiirteet
C Taajamametsät	
C1 Lähimetsä	Lähellä asutusta sijaitsevia metsiä, joihin kohdistuu runsaasti käyttöä ja kulutusta
C2 Ulkoilu- ja virkistysmetsä	Taajamassa tai sen ulkopuolella olevia laajempia metsäalueita, jotka on tarkoitettu ulkoiluun ja retkeilyyn.
C3 Suojametsä	Asutuksen ja muun rakennetun ympäristön sekä erilaista häiriötä aiheuttavien toimintojen välissä sijaitsevia metsiä.
C4 Talousmetsä	Talousmetsän hoito ja käyttö toteutetaan kestävän metsätalouden periaatteiden mukaisesti
C5 Arvometsä	Erityisen arvokas kohde maiseman, kulttuurin, luonnon monimuotoisuusarvojen tai muiden ominaispiirteiden vuoksi.

Kaupunkien toimittama paikkatietoaineisto luokiteltiin siten, että kullekin yksittäiselle alueelle pyrittiin osoittamaan jokin viheraluehoitoluokituksen hoitoluokka, mikäli sitä ei ollut suoraan aineistossa määriteltä. Puuttuvien hoitoluokkien määrittely on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Kaupunkialueille asetetut viheraluehoitoluokat mikäli niitä ei oltu määriteltä aineistossa.

Kaupunki	Aineisto	Asetettu luokka
Espoo	Metsä	C2 – Ulkoilu- ja virkistysmetsät
	Puisto	A2 – Käyttöviheralueet, 21 % A3 – Käyttö- ja suojaviheralueet 21 % B1 – Maisemapellot, 26 % B2 – Käyttöniityt, 32 % (luvat perustuvat Vantaan puistoaineiston hoitoluokkakajaumaan)
Helsinki, ulkopuoliset alueet	Metsä	C2 – Ulkoilu- ja virkistysmetsät
Turku	Metsä	C2 – Ulkoilu- ja virkistysmetsät
Vantaa	Metsä	C2 – Ulkoilu- ja virkistysmetsät

Pellot käsiteltiin kaikkien kaupunkien osalta viheraluehoitoluokassa B1 – Maisemapellot.

Laskennassa viheraluehoitoluokka vaikutti erityisesti arvioon maaperän hiilivaraston suuruudesta myöhemmin esitettävällä tavalla.

Kaupungin rajojen sisällä oleville alueille, jotka eivät ole kaupungin omistuksessa, viheraluehoitoluokat haettiin Corine 2006-aineistosta, kuten taulukossa 3 on esitetty. Corine 2006 on EU:n kattava maankäyttöluokitusaineisto, jossa jokaiselle 25 m x 25 m maapalaselle EU:n alueella on annettu jokin maankäyttöluokka, pääosin satelliittikuva-aineistosta tulkittuna. Nämä 25 m x 25 m maapalaset kattavat Euroopan säännöllisenä ruudukkona (hila). Tuorein Suomen kattava luokitus on saatavilla vuodelta 2006 (OIVA, 2013). Koska laskennan tulokset esitettiin

kaupungit peittävässä 20 m x 20 m hilassa, täsmäytettiin Corine-aineiston 25 m x 25 m hila tähän tuloshilaan esikäsittelynä ennen maankäyttöluokitusta.

Taulukko 3. Corine-aineiston luokituksen vastaavuus viheraluehoitoluokitukseen.

Corine-luokka	Viheraluehoitoluokka
12 Golfkentät	B1
14 Käytössä olevat pellot	B1
15 Käytöstä poistuneet pellot	B1
16 Hedelmäpuu- ja marjapensasviljelmät	A3
17 Laidunmaat	B3
18 Lehtimetsät kivennäismaalla	C2
19 Lehtimetsät turvemaalla	C2
20 Havumetsät kivennäismaalla	C2
21 Havumetsät turvemaalla	C2
22 Havumetsät kalliomaalla	C2
23 Sekametsät kivennäismaalla	C2
24 Sekametsät turvemaalla	C2
25 Sekametsät kalliomaalla	C2
26 Luonnonniityt	B5
27 Varvikot ja nummet	B4
28 Harvapuustoiset alueet , cc <10%	B4
29 Harvapuustoiset alueet, cc 10-30%, kivennäismaalla	A3
30 Harvapuustoiset alueet, cc 10-30%, turvemaalla	A3
31 Harvapuustoiset alueet, cc 10-30%, kalliomaalla	A3
32 Harvapuustoiset alueet havumetsärajan yläpuolella	A3
33 Harvapuustoiset alueet, käytöstä poistuneet maatalousmaat	A3
34 Rantahietikot ja dyynialueet	B5
35 Kalliomaat	B5
36 Sisämaan kosteikot maalla	B5
38 Avosuot	Turvemaa
39 Turvetuotantoalueet	Turvemaa
40 Merenrantakosteikot maalla	B5

3.2 Laskentamenetelmä; maaperän hiilivarasto ja sen muutos

Hiilen hajoamista maaperässä ja kulkeutumista uudelleen hiilidioksidina ilmakehään mallinnettiin Yasso07 -mallilla (Tuomi ym. 2011). Yasso07 ennustaa maaperän orgaanisen hiilen varaston suuruuden ja sen muutokset. Maaperän hiili jaetaan mallinnuksessa viiteen komponenttiin: alkoholiliukoiset (vahat ym.), vesiliukoiset (sokerit ym.), happoon liukenevat (selluloosa ym.), ei-liukenevat (ligniini ym.) ja humus. Komponenttien hajoaminen johtaa hiilen virtaan maaperästä ulos ja eri komponenttien välillä.

Mallissa komponenttien hajoamista ohjaavat maaperään tulevan syötteen jakaantuminen eri komponentteihin ja ilmasto-olosuhteet. Maaperähiilen varaston suuruuden ja sen muutoksen suuruuden selvittämiseksi on täten oleellista tietää alueella olevan kasvillisuuden laatu ja määrä. Tässä tarkastelussa laskenta tehtiin metsien osalta samoin kuin Tilastokeskuksen dokumentoimassa Suomen kasvihuonekaasupäästölaskennassa. Peltojen laskennassa käytettiin juuri kehitettyä Yasso07-mallin parametrisointia (Akujärvi ym. 2013), joka tehty Suomen kasvihuonekaasupäästölaskentaa varten.

3.3 Viheraluehoitoluokat: rakennetut puistot (A) ja avoimet alueet (B)

3.3.1 A&B: Hiilivaraston koko; kasvillisuus

Kasvillisuuteen sitoutuneen hiilivaraston koko on tarkastelussa kahdessa roolissa: (i) tarkasteluhetken kasvillisuuden määrä, josta saadaan suoraan sen hetken kasvillisuuteen sitoutuneen hiilivaraston koko, ja (ii) pitkän aikavälin kasvillisuuden määrän taso ja sen vaikutus maaperähiilen määrään.

Tarkasteluhetken kasvillisuuden hiilivaraston koko otettiin tuloksiin Metsäntutkimuslaitoksen valtakunnan metsien monilähdeinventoinnin (VMI) tuloksista vuodelta 2011 siltä osin, kun se VMI-tuloksista löytyi (MVMI 2013). VMI-tuloksissa biomassa on ennustettu biomassamallien (Repola ym. 2007; Helmisaari ym. 2007; Muukkonen ym. 2006) avulla satelliittikuvien ja maastokoealamittausten tietojen perusteella. Biomassamalleista saadaan tuloksena kuiva-ainemassa, josta hiilen osuus on 50 % (Liski ym. 2006).

VMI-aineisto on saatavilla koko Suomen peittävänä 20 m x 20 m hilana. Samaa hilaa käytettiin myös tämän työn laskentakehikkona.

Koska VMI-tarkastelu kohdistuu pääsääntöisesti metsään, sen tuloksissa ei välttämättä ole kaikille A-, eikä etenkin B-hoitoluokan hilapikseleille tulkittuja tuloksia. Näissä tapauksissa käytettiin pitkän aikavälin oletettua kasvillisuuden vakio-määrää kussakin hoitoluokassa, eli ei laskentapikselikohtaisia kasvillisuusarvioita vaan luokkakohtaisia keskiarvoja. Muille kuin B1-hoitoluokalle luokkakohtaiset keskiarvot laskettiin käyttäen oletuksia puumaisen ja nurmimaisen biomassan määrästä, sekä nurmimaisen biomassan osalta siitä osuudesta, joka vuosittain poistetaan alueelta ilman että se päättyy maaperään. Nämä oletukset on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. A- ja B-luokkien laskennan biomassaoletukset.

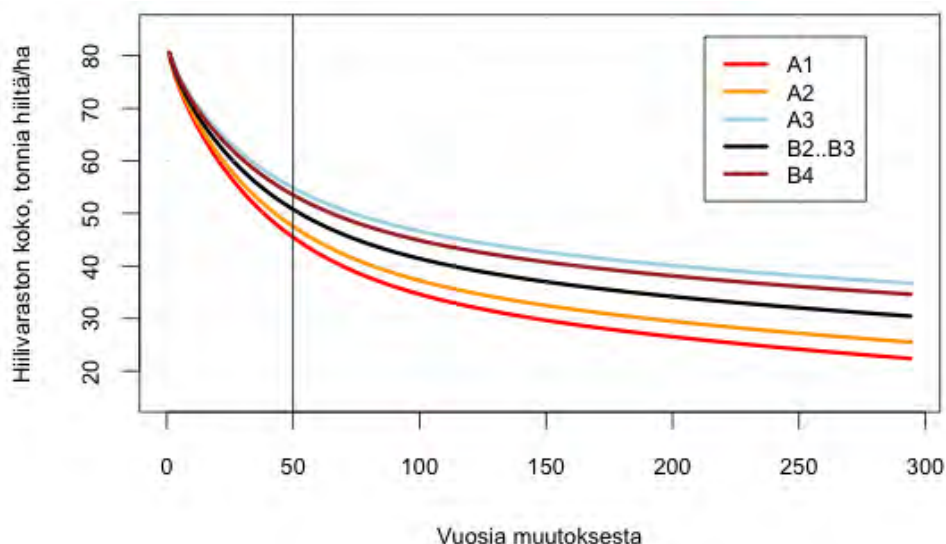
Viheralueen hoitoluokka	Osuus metsäbiomassasta, %	Nurmimaisen biomassan keräysosuus, %
A1 Edustusviheralueet	2	100
A2 Käyttöviheralueet	5	90
A3 Käyttö- ja suojaviheralueet	20	70
B2 Käytöniityt	5	70
B3 Maisemaniityt ja laidunalueet	5	10
B4 Avoimet alueet ja näkymät	10	10
B5 Arvoniityt	5	0

B1 -hoitoluokan (Maisemapellot) tuloksissa kasvillisuuteen sitoutuneen hiilivaraston koko on 0.

3.3.2 A&B: Hiilivaraston koko; maaperä

Kun kasvillisuuden määrän ja sen tuottaman karikkeen määrän oletettiin pysyvän vakiona, on sillä suoraan se vaikutus, että maaperähiilen määrä alkaa muuttua kohti sitä varaston kokoa, jota karikkeen vakiohiilisyöte pystyy pitämään yllä. Tässä tilanteessa orgaanisen materiaalin hajotus ja sen lisäys ovat yhtä suuria. Tilannetta kutsutaan vakiotilaksi.

Hiilivarastot A- ja B-hoitoluokille laskettiin Yasso07-mallilla (kuva 4). Tarkastelussa hiilivaraston arvona käytettiin arvoja 50 vuoden vakiosyötteen jälkeen saavutetusta tilasta. Tuloksista voi nähdä, että näiden luokkien maaperän hiilen vakiotilaa nykyisin hoitomuodoin ei ole saavutettu (käyrät ovat laskevia). Alkuperäisenä maahiilarvona käytettiin tuoreen kankaan (MT) kasvupaikan arvoa julkaisusta Liski ym. (1997). A- ja B-hoitoluokkien arvot laskettiin Vantaan ilmastotiedoilla, ja saatuja tuloksia käytettiin kaikissa kaupungeissa, sillä näiden luokkien laskentaa varten tehtyjen oletusten jälkeen ilmasto-olosuhteista syntyvät erot kaupunkien välillä ovat merkityksettömiä.

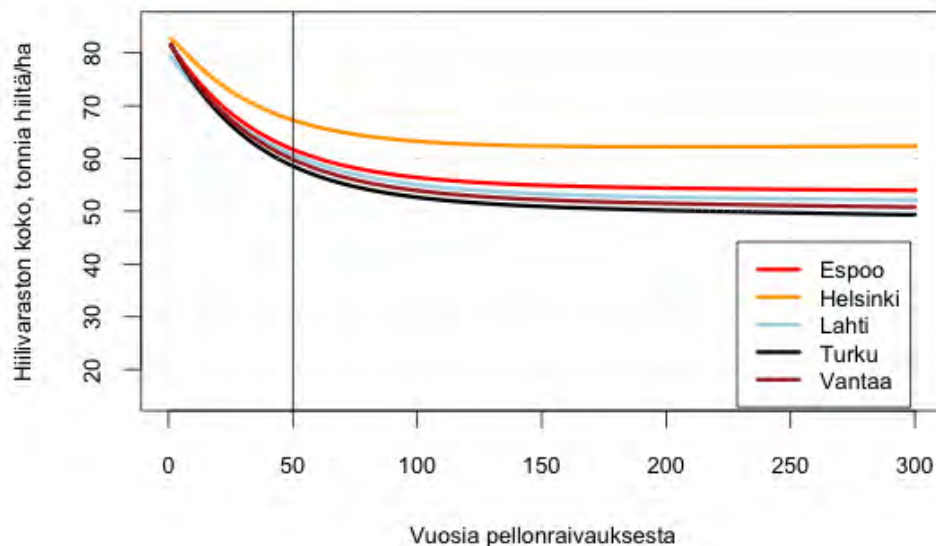


Kuva 4. Viheralueiden A ja B-hoitoluokkien maaperän hiilivaraston (tn C/ha) muutos lähdeittäessä metsämaan hiilivarastosta ja vuotuisesta kasvillisuuden vakiohiilisyötteestä. Luokat: A1-Edustusviheralueet, A2-Käyttöviheralueet, A3-Käyttö- ja suojaviheralueet, B2-Käyttöniityt, B3-Maisemaniityt ja laidunalueet, B4-Avoimet alueet ja näkymät.

B1 -hoitoluokan (Maisemapellot) osalta on kuvassa 5 esitetty keskimääräinen pellon maahiilen varastoarvo kaupungeittain kivennäismaapelloilla. Varaston suuruutta kontrolloi hiilisyöte peltoihin, jonka suuruutta arvioitiin kasvijäänteiden määrästä ja eloperäisten lannoitteiden käytöstä. Ne selvitettiin hakemalla kunkin kaupungin viljelyalat, käytetyt vilja-, öljy- ja heinäkasvit sekä nurmena pidettävät alat Matildasta (MATILDA 2013). Samoin selvitettiin Suomen kasvihuonekaasupäästöinventaarion (Tilastokeskus 2013) laskentamenetelmien mukaisesti kaupunkien alueella olevien tuotantoeläimien määrä (MATILDA 2013, Suomen Hippos 2013). Näistä tiedoista saatiin keskimääräinen peltohehtaarin hiilivirta maahan, jonka avulla laskettiin kivennäismaapellojen maahiilen vakiotila.

Peltojen arvo poimittiin aikasarjasta 50 vuoden kohdalta. Tällöin oletuksena on, että peltoja on viljelty kutakuinkin nykyisin menetelmin keskimäärin tämä aika.

Kuten kuvasta 5 voi havaita, tällöin ei aivan vielä ole saavutettu maaperähiilen vakiotilaa. Vakiotila tarkoittaa tilaa, jossa maahan kasveista ja lannoitteista tuleva ja sieltä ilmaan karkaava hiili ovat tasapainossa. Pellon maaperän hiilivarasto laskee vuosittain noin 0,3 %:lla. Tämä on linjassa Heikkinen ym. (2013) tutkimuksen kanssa.



Kuva 5. Peltomaiden keskimääräisen hiilivaraston (tonnia hiiltä/ha) muutos kaupungeittain lähdetettäessä metsämaan hiilivarastosta ja kaupunkikohtaisesta vuotuisesta kasvi- ja eloperäisten lannoitteiden vakiohiilisyötteestä.

Helsingin peltomaiden maaperähiilen suurempi arvo johtuu Helsingin alueen suuresta hevosten lukumäärästä (1 980 kpl) suhteessa viljelyalaan (936 ha). Suomen kasvihuonekaasupäästöinventaarion laskentamenetelmissä (Tilastokeskus 2013) tuotantoeläimien lannan hiilikuormitus jaetaan peltoalalle tasaisesti, mikä johtaa tässä kuvan 1 mukaiseen tulokseen.

Peltomaiden maaperän hiilivaraston määrää Suomessa on tutkinut Heikkinen ym. (2013). Tutkimusten mukaan kivennäismaapelloilla hehtaarikohtainen hiilen määrä on noin 54 000 kg. Arvo vaihtelee jonkin verran alueellisesti, mutta suurempi vaikutus hiilen määrään on maan raekkoilla ja viljelytavalla. Yasso07-mallilla laskettuna kivennäismailla päädyttiin suuruusluokaltaan Heikkisen ym. tutkimustuloksia vastaavaan maaperähiilen määrään. Heikkisen ym. (2013) tutkimuksen aineisto sisälsi vain 15 cm syvyisen kerroksen peltomaan pinnalta, mikä viittaa siihen että peltomaassa hiilen pitoisuus laskisi vielä metsämaatakin jyrkemmin syvemmälle mentäessä -Yasso07-malli nimittäin mallittaa maaperän kokonaishiilimäärää. Yasso07-laskenta tehtiin Akujärvi ym. (2013) esittämällä tavalla.

Turvemaiden hiilivarastojen määrää ei voi laskea Yasso07-mallilla, joten niiden osalta tukeuduttiin kirjallisuuteen. Turvemaametsien hiilivaraston määrä riippuu turpeen paksuudesta, tiheydestä ja hiilipitoisuudesta (Minkkinen ym. 2013). Tässä tarkastelussa käytettyjen aineistojen perusteella näitä asioita ei saada yksittäisten alueiden osalta selville, joten turvemaan metsän hiilivaraston määräksi otettiin koko Suomen soiden hehtaarikohtainen keskiarvo 533 000 kg/ha. Turvemaapeltomaiden kohdalla jouduttiin myös hiilivarasto ottamaan suoraan kirjallisuudesta. Heikkinen ym. (2013) tutkimuksen mukaan koko maan keskiarvo on 166 000 kg/ha.

3.3.3 A&B: Hiilivarastojen muutos

Rakennettujen puistojen ja avoimien alueiden osalta kasvillisuuden määrä oletettiin vakioksi, joten hiilivarastojen muutos on seurausta maaperähiilivaraston muutoksesta. Kuvista 4 ja 5 on nähtävissä, että valitulla tarkasteluhetkellä hiilivarastot edelleen pienenevät. Taulukossa 5 on esitetty viheraluehoitoluokittaiset vuotuiset hiilipäästöt 50 vuotta sen jälkeen, kun alue on muutettu metsästä kyseiseen hoitoluokkaan.

Taulukko 5. A- ja B-luokkien hiilipäästöt 50 v. maankäyttömuutoksesta, kgC/ha vuodessa. CO₂e luvut saa kertomalla luvut 3,6:lla.

Viheralueen hoitoluokka	Espoo	Helsinki	Lahti	Turku	Vantaa
A1 Edustusviheralueet	317	317	317	317	317
A2 Käyttöviheralueet	300	300	300	300	300
A3 Käyttö- ja suojaviheralueet	238	238	238	238	238
B1 Maisemapellot	176	137	179	196	193
B2 Käyttöniityt	272	272	272	272	272
B3 Maisemaniityt ja laidunalueet	272	272	272	272	272
B4 Avoimet alueet ja näkymät	249	249	249	249	249
B5 Arvoniityt	272	272	272	272	272

Turvepelloille käytetty, kirjallisuudesta otettu keskimääräinen hiilivaraston muutos on -0,3% eli 498 kgC/ha hiilipäästö vuodessa (Heikkinen ym. 2013).

3.4 Viheraluehoitoluokka: metsät (C)

3.4.1 C: Hiilivaraston koko; kasvillisuus

Metsähoitoluokkien osalta kasvillisuuden hiilivaraston koko otettiin suoraan VMI-aineiston hilapikseleiltä, joille löytyy ennustettuna tuloksena kokonaisbiomassan määrä kuten kappaleessa 3.3.1 on kuvattu.

3.4.2 C: Hiilivaraston koko; maaperä

Alkuperäiset kivennäismaan hiilivarastot metsämaalle kasvupaikoittain saatiin julkaisusta Liski ym. (1997). Se kuvaa kasvupaikan määrittämän ravinteisuusluokan keskimääräistä hiilivarastoa yli puuston kiertoajan (pienestä puustosta isoon puustoon). Taajamametsien maaperän hiilimäärä saatiin ottamalla lähtöarvoksi kyseinen keskiarvo, ja simuloimalla kunkin kaupungin ilmastoparametrein kasvupaikoille pääpuulajeittain kahden kiertoajan mittainen puuston kasvu sekä hakkuu- ja hoitotoimenpiteet. Puuston kasvun ja toimenpiteiden simulointi tehtiin SIMO-ohjelmistolla, jonka puustoa ja puuston kehitystä kuvaavat mallit perustuvat julkaisuun Hynynen ym. 2002. Ne mahdollistavat puuston rakenteen tarkan kuvauksen sekä esim. erilaisten harvennushakkuiden vaikutusten huomioimisen. Kasvumallit kattavat kaikki Suomessa yleisimmin esiintyvät puulajit sekä metsätyypit.

Koska maaperän hiilivarasto reagoi viiveellä kasvillisuudesta tulevaan hiilisyötteeseen, tehtiin maaperähiilivaraston arvioimiseksi pääpuulajeittain ja kasvupaikoittain "mallimetsähehtaareja": yllä mainittuihin kasvumalleihin perustuvat tyypil-

liset kehityssarjat puuston kokonaisbiomassalle. Näistä aikasarjoista haettiin kaupunkien kullekin paikkatietoaineiston hilapikselille maaperän hiilivaraston koko hyödyntäen VMI-aineiston vastaavan hilapikselin tietoa pääpuulajista (suurin biomassa joukosta mänty, kuusi, lehtipuu), kasvupaikasta ja kokonaisbiomassasta.

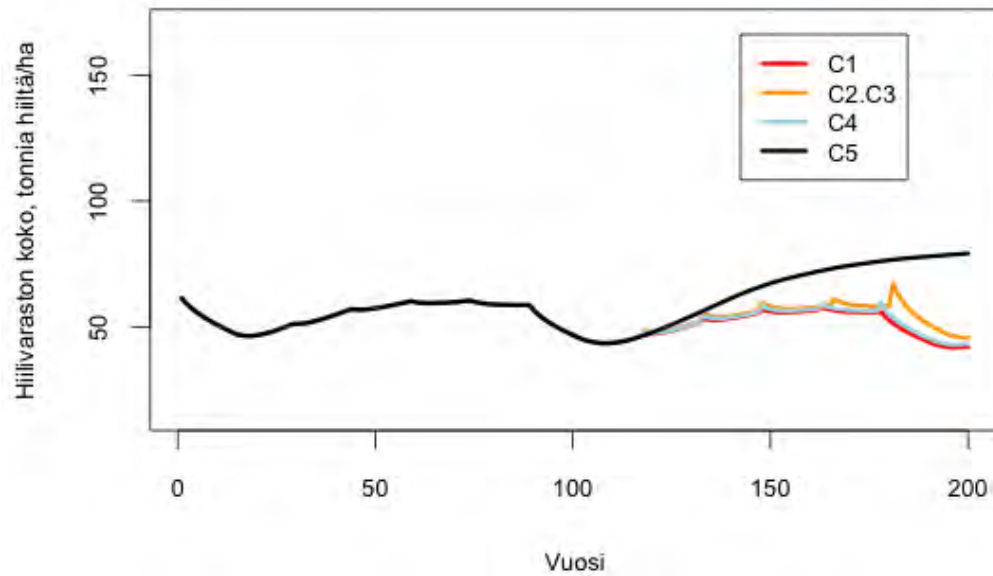
Simuloinnissa ensimmäisellä kiertoajalla käytettiin tavanomaisia talousmetsien hakkuu- ja hoitotapoja pois lukien hakkuutähteiden keräys ja kantojen nosto. Edellä mainitut jätettiin laskennasta pois, koska ne ovat verrattain uusia toimenpiteitä eivätkä ole vielä vaikuttaneet sanottavasti maaperähiilen määrään. Toisella kiertoajalla laskenta tehtiin taajamametsien hoitoluokituksen mukaisesti: laskennassa oletettiin, että arvometsissä (C5) ja suojelualueilla (S) ei tehty ollenkaan hakkuita. Kaikissa muissa luokissa tehtiin hakkuita, mutta hakkuutähteiden keruun, kantojen noston ja taimikon/pienpuustonhoidossa muodostuvan tähteen sekä luonnonpoistuman aiheuttaman kuolleen puuston ja karikesadannan keruun intensiteetissä oli eroja (taulukko 6). Tuloksiin haettiin maaperän hiilivaraston koko kullekin hilapikselille tästä jälkimmäisestä kehityssarjasta.

Taulukko 6. Hakkuutähteiden ja kantojen keräysosuus viheralueen hoitoluokan mukaan.

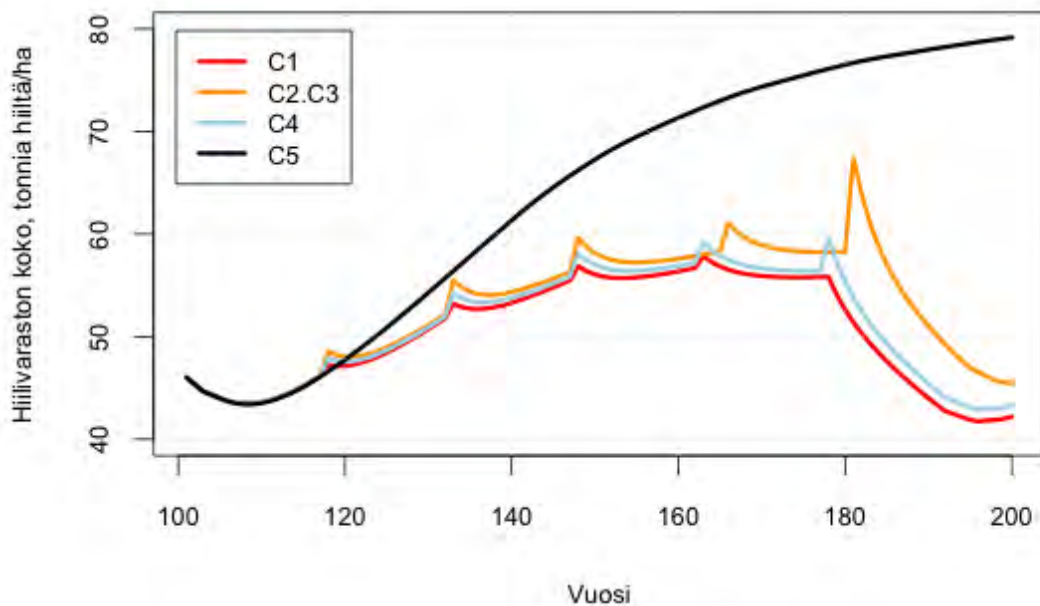
Viheralueen hoitoluokka	Hakkuutähteen keräysosuus, %		Kantojen nosto- osuus, %	
	Uudistus- hakkuu	Harvennus- hakkuu	Uudistus- hakkuu	Harvennus- hakkuu
C1 Lähimetsä	100	100	100	0
C2 Ulkoilu- ja virkistysmetsä	33	33	0	0
C3 Suojametsä	33	33	0	0
C4 Talous- metsä	70	70	75	0
C5 Arvometsä	0	0	0	0

Myös taimikon/pienpuuston hoidon yhteydessä poistettavasta puustosta osa kerättiin bioenergiaksi (75 %) ja osa jäi maahan hajoamaan (25%). Puuston iän ja tiheyden perusteella ennustettiin puuston kuolemista. Luontaisesti kuolleista puista kerättiin bioenergiaksi 75 %, eli 25 % jäi maahan lahoamaan. Karikesadanta ennustettiin (Liski ym. 2006) malleilla. Karikesadanta tarkoittaa puustosta ja muusta kasvillisuudesta vuosittain maahan varisevaa kuollutta materiaalia, jonka sisältämä hiili alkaa maassa hajota. Kariketta tuottava materiaali jaetaan ei-puumaiseen, hienoon puukarikkeeseen ja karkeaan puukarikkeeseen.

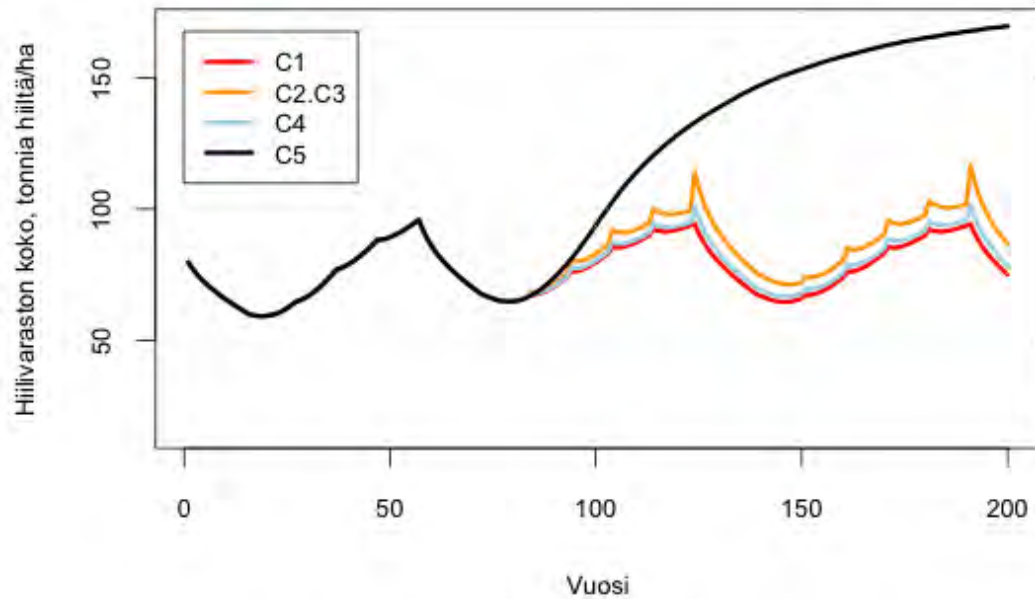
Kuvissa 6, 7, 8 ja 9 on esitetty periaate metsämaan hiilivaraston kehittymisestä yli puuston kahden kiertoajan simuloinnin käyttäen esimerkkinä Turku. Lähtökohdiana on ennustemalleilla saatu kasvupaikan (VT, kuivahko kangas, MT, tuore kangas) ja pääpuulajin (mänty, kuusi) keskimääräinen maaperän hiilivarasto. Ensimmäisen kiertoajan yli eri hoitoluokkien maaperän hiilivaraston kehittämisessä ei ole eroja, koska metsänhoito noudattaa yleisiä talousmetsän hoito-ohjeita. Toisella kiertoajalla, josta myös laskennan tulokset otettiin, maaperän hiilimäärään tulee eroja eri hoitoluokkien välille, koska metsien käsittely on erilaista.



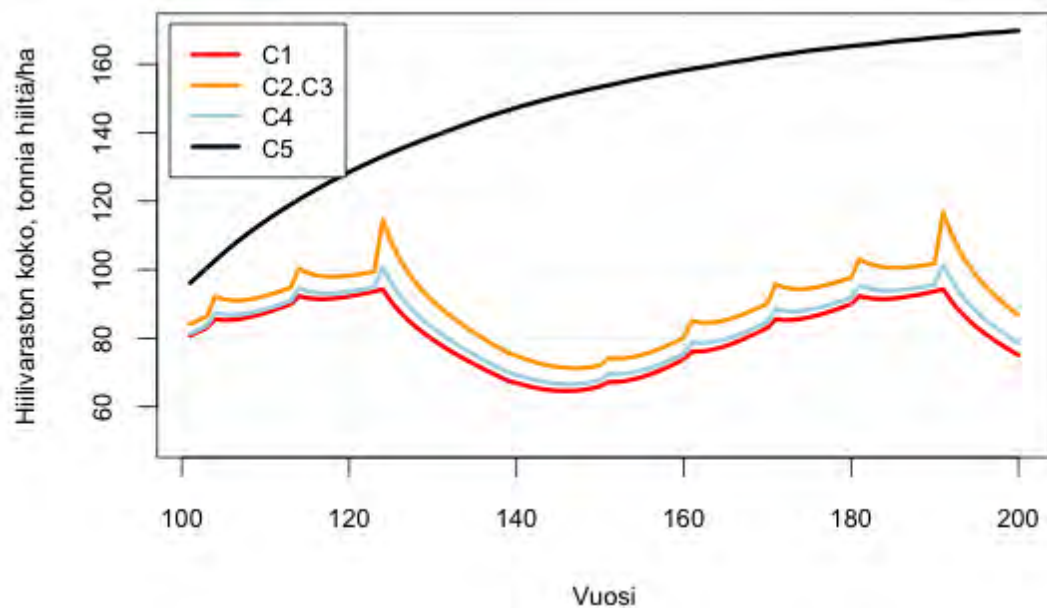
Kuva 6. Kuivahkon kankaan (VT) männikön maaperän hiilivaraston kehitys taajamametsäluokittain Turussa yli kahden puusukupolven kiertoaajan lähtien ennustemallien antamasta keskimääräisestä hiilivarastosta. Luokat: C1-Lähimetsä, C2-Ulkoilu- ja virkistysmetsä, C3-Suojametsä, C4-Talousmetsä, C5-Arvometsä.



Kuva 7. Detaljigdsokuva kuivahkon kankaan (VT) männikön maaperän hiilivaraston kehityksestä toisen kiertoaajan kuluessa. Luokat: C1-Lähimetsä, C2-Ulkoilu- ja virkistysmetsä, C3-Suojametsä, C4-Talousmetsä, C5-Arvometsä.



Kuva 8. Tuoreen kankaan (MT) kuusikon maaperän hiilivaraston kehitys taajamametsäluokittain Turussa yli kahden puusukupolven kiertoajan lähtien ennustemallien antamasta keskimääräisestä hiilivarastosta. Luokat: C1-Lähimetsä, C2-Ulkoilu- ja virkistysmetsä, C3-Suojametsä, C4-Taloudsmetsä, C5-Arvometsä.



Kuva 9. Detaljikuva tuoreen kankaan (MT) kuusikon maaperän hiilivaraston kehityksestä toisen kiertoajan kuluessa. Luokat: C1-Lähimetsä, C2-Ulkoilu- ja virkistysmetsä, C3-Suojametsä, C4-Taloudsmetsä, C5-Arvometsä.

Kuvista 6, 7, 8 ja 9 näkyy, kuinka ensimmäisen kiertoajan jälkeen taajamametsäluokkien erilaisten hoitomenetelmien ja -intensiteetin vuoksi maaperän hiilivarasto kehittyy eri tavalla. Hakkuut erottuvat kuvista piikkeinä maaperähiilen määrässä. Uudistuksen jälkeen maaperän hiilimäärä laskee jyrkästi, mutta lähtee puuston kasvun myötä taas kasvuun.

Laskelman mukaan suojelualueella maaperän hiilimäärä on MT kuusikossa kaksinkertainen VT männikköön verrattuna. C1 luokan eli lähimetsien maaperän hiilivarasto on kaikkein pienin, koska sieltä kerätään pois kaikkein eniten kantoja, hakkuutähdettä ja muussa hoidossa muodostuvaa kasviperäistä ainesta. Ulkoilu- ja virkistys- (C2) sekä suojametsien (C3) maaperässä on talousmetsiä (C4) enemmän hiiltä, koska kantojen nosto ja hakkuutähteiden keräys on näillä alueilla vähäistä. Hakkuiden puuttuessa arvometsien ja suojelualueiden (C5) maaperän hiilivarasto kasvaa muita huomattavasti suuremmaksi suuren karikesadannan ja luonnonpoistuman vuoksi. C5 luokan osalta hiilivaraston koon kasvaminen ei jatku loputtomasti, vaan puuston saavuttaessa kehityksensä kliimaksivaiheeseen, hiilivarasto saavuttaa maksimikoon, josta se myös hetkellisesti luonnollisten häiriötekijöiden vuoksi ajoittain putoaa alemmalle tasolle.

Turvemaille vastaavaa mallipohjaista tarkastelua ei voitu tehdä, joten niiden osalta meneteltiin kuten kappaleessa 3.3.2 on kuvattu.

3.4.3 C: Hiilivarastojen muutos

Kivennäismaille maaperän ja kasvillisuuden hiilivaraston muutos poimittiin samasta aikasarjasta kuin maaperähiilivaraston suuruus, eli pääpuulajeittaisista ja kasvupaikoittaisista kehityssarjoista. Turvemaille käytettiin maaperän osalta Kansallisen kasvihuonepäästöselvityksen lukuja (taulukko 7).

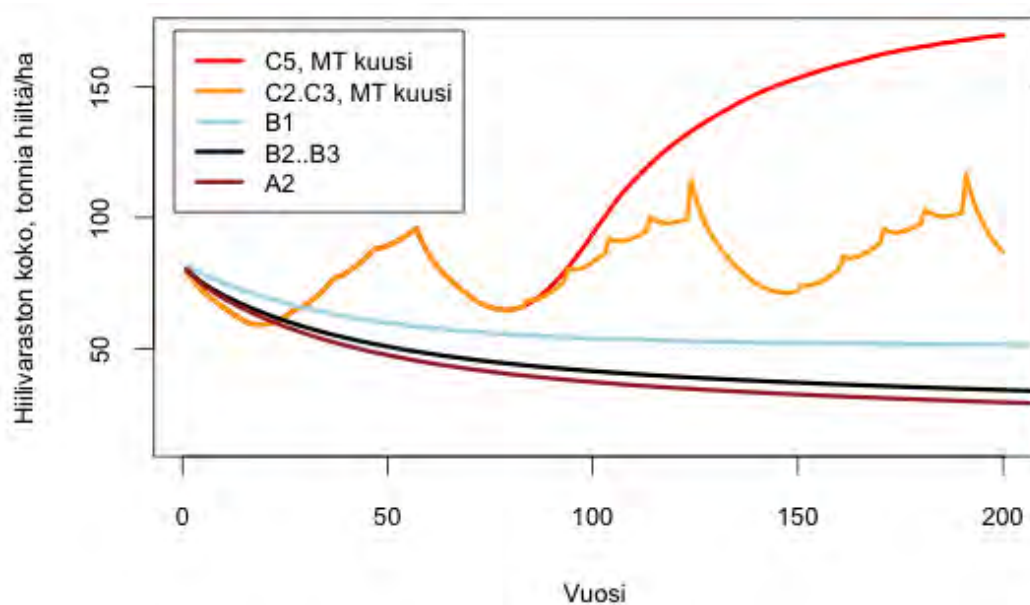
Taulukko 7. Metsäisten turvemaiden hiilipäästöt ja –nielut.

Kasvupaikka	Hiilipäästö, kgC/ha vuodessa	Hiilinielu, kgC/ha vuodessa
Ruohoturvekangas (Rhtkg)	1 959	
Mustikkaturvekangas (Mtkg)	823	
Puolukkaturvekangas (Ptkg)	125	
Varvoturvekangas (Vatkg)		109
Jäkäläturvekangas (Jätkg)		446

3.5 Yhteenveto: maaperähiilivarastojen muutokset maankäyttömuutoksen jälkeen

Kuvassa 10 on esitetty esimerkit rakennettujen viheralueiden (A), avoimien viheralueiden (B) ja metsien (C) viheraluehoitoluokkien maaperähiilivaraston kehityksestä 200 vuoden kuluessa siitä, kun talousmetsänä käsitellyn, tuoreella kankaalla (MT) kasvavan kuusikon maankäyttömuoto on vaihdettu johonkin viheraluehoitoluokkaan. Kuvalla havainnollistetaan suuruusluokkaeroja eri viheraluehoitoluokkien välillä. Toisin sanoen, pitämällä metsä metsänä, hiilivaraston koko vaihtelee puuston kehitysvaiheiden mukana, mutta hiilivarastojen taso pysyy jatkuvasti korkealla verrattuna muihin maankäyttömuotoihin. Tämä koskee sekä kasvillisuuteen että maaperään sitoutuneen hiilen määrää. Seuraavana järjestyksessä hiilivaraston koon suhteen ovat aktiiviviljelyssä olevat pellot (hoitoluokka B1), ja sitä seuraavat loput avoimet ja rakennetut viheralueet (A- ja B-hoitoluokat), joil-

la on keskinäisiä eroja, mutta päämaankäyttömuotojen suhteen ne sijoittuvat hiilivaraston koon osalta selkeästi metsien ja peltojen alapuolelle.



Kuva 10. Eri viheraluehoitoluokkien maaperähiilen kehitys 200 vuoden kuluessa maankäyttömuodon muutoksesta. Luokat: A2-Käyttöviheralueet, B1-Maisemapellot, B2-Käyttöniityt, B3-Maisemaniityt ja laidunalueet, C2-Ulkoilu- ja virkistysmetsä, C3-Suojametsä, C5-Arvometsä.

4 Tulokset

Alla on esitetty kaupunkien maankäyttösektorin hiilivarastojen koot ja niiden muutokset tarkasteluvuonna 2011 kaupungeittain. Hiilivaraston muutoksen osalta tulee ottaa huomioon, että se kuvaa laskentavuoden puuston kasvusta seuraavaa hiilivaraston kasvua. Luku kuvaa siten tilannetta, jossa kaupungin alueella ei tehdä tarkasteluvuonna lainkaan hakkuita, jotka pienentävän kasvillisuuteen sitoutunutta hiilivarastoa.

Tulokset sisältävät sekä kaupungin omistaman, että muiden maanomistajien maat, mutta eivät kaupunkien ulkopuolisia alueita. Raportointiluokkoittaiset varastot ja niiden muutokset on esitetty liitteessä 1. Liitteessä 2 tulokset on esitetty raportointi- ja viheraluehoitoluokittain.

Tuloksissa on käytetty yksikköinä tonnia hiiltä hehtaarille (tn C/ha) ja tonnia hiiltä (tn C). Luvut saa muutettua hiilidioksidimääräksi kertomalla luvulla 3,67. Luvut on myös suhteutettu yhden uuden auton 20 000 km vuotuisen ajomäärän polttoaineesta aiheutuviin hiilidioksidipäästöihin (Trafli 2013).

Laskennan tulokset ovat saatavissa myös rasterimuotoisena paikkatietoaineistona raportointiluokittain ja kaupungeittain. Tiedustelut: Jari Viinanen, Helsingin kaupungin ympäristökeskus.

4.1 Kokonaishiilimäärä ja varastojen muutos kaupungeittain

Taulukko 8. Hiilivarastojen koko.

Kaupunki	Pinta-ala, ha	Maaperä, tn C	Kasvillisuus, tn C	Yhteensä, tn C	Autoja, kpl
Espoo	19 509	1 860 233	1 016 776	2 877 009	3 616 930
Helsinki	8 971	792 451	453 756	1 246 207	1 566 712
Lahti	8 021	709 196	359 585	1 068 781	1 343 654
Turku	16 281	1 210 161	501 093	1 711 254	2 151 361
Vantaa	13 162	1 145 954	551 971	1 697 925	2 134 604

Taulukko 9. Hiilivarastojen hehtaariohtainen koko.

Kaupunki	Pinta-ala, ha	Maaperä, tn C/ha	Kasvillisuus, tn C/ha	Yhteensä, tn C/ha	Autoja, kpl
Espoo	19 509	95	52	147	185
Helsinki	8 971	88	51	139	175
Lahti	8 021	88	45	133	168
Turku	16 281	74	31	105	132
Vantaa	13 162	87	42	129	162

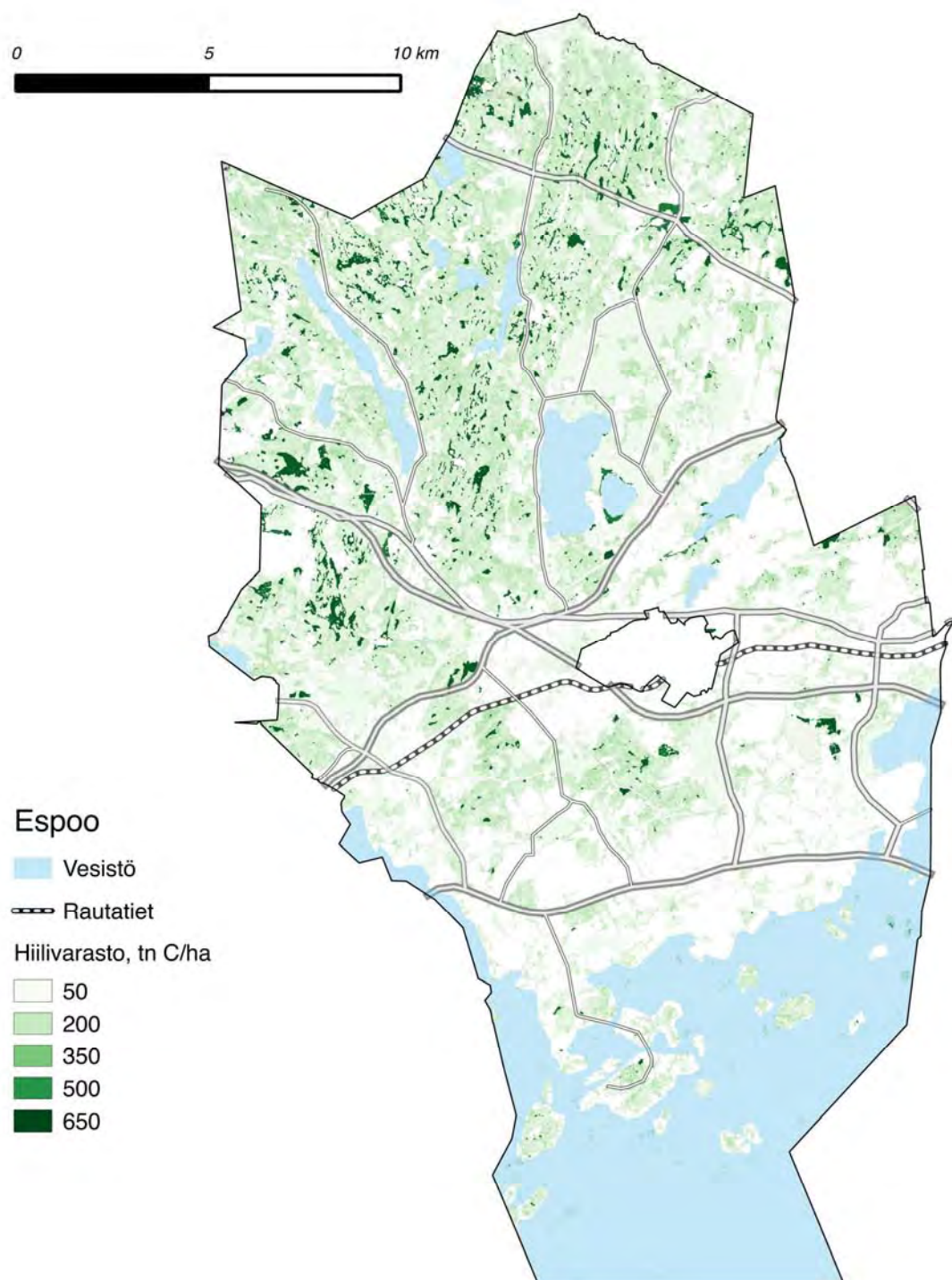
Taulukko 10. Hiilivarastojen vuotuinen muutos.

Kaupunki	Pinta-ala, ha	Maaperä, tn C/v	Kasvillisuus, tn C/v	Yhteensä, tn C/v	Autoja, kpl
Espoo	19 509	6 116	74 682	80 798	101 578
Helsinki	8 971	2 254	33 141	35 395	44 498
Lahti	8 021	2 468	26 284	28 752	36 146
Turku	16 281	1 343	37 142	38 484	48 382
Vantaa	13 162	2 390	43 123	45 513	57 219

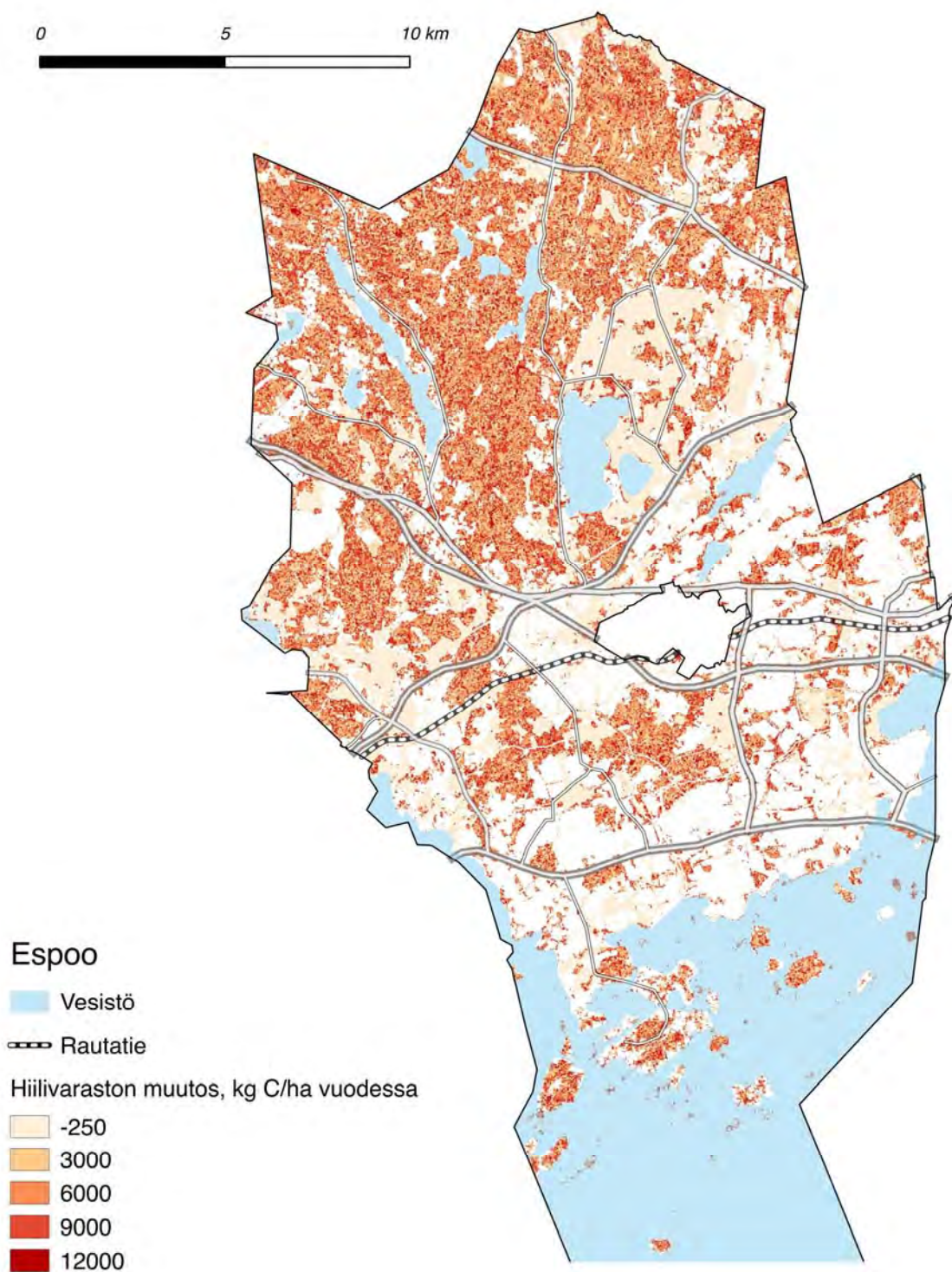
Taulukko 11. Hiilivarastojen hehtaarikohtainen vuotuinen muutos.

Kaupunki	Pinta- ala, ha	Maaperä, tn C/ha, v	Kasvillisuus, tn C/ha, v	Yhteensä, tn C/ha, v	Autoja, kpl
Espoo	19 509	0,31	3,83	4,14	5
Helsinki	8 971	0,25	3,69	3,95	5
Lahti	8 021	0,31	3,28	3,58	5
Turku	16 281	0,08	2,28	2,36	3
Vantaa	13 162	0,18	3,28	3,46	4

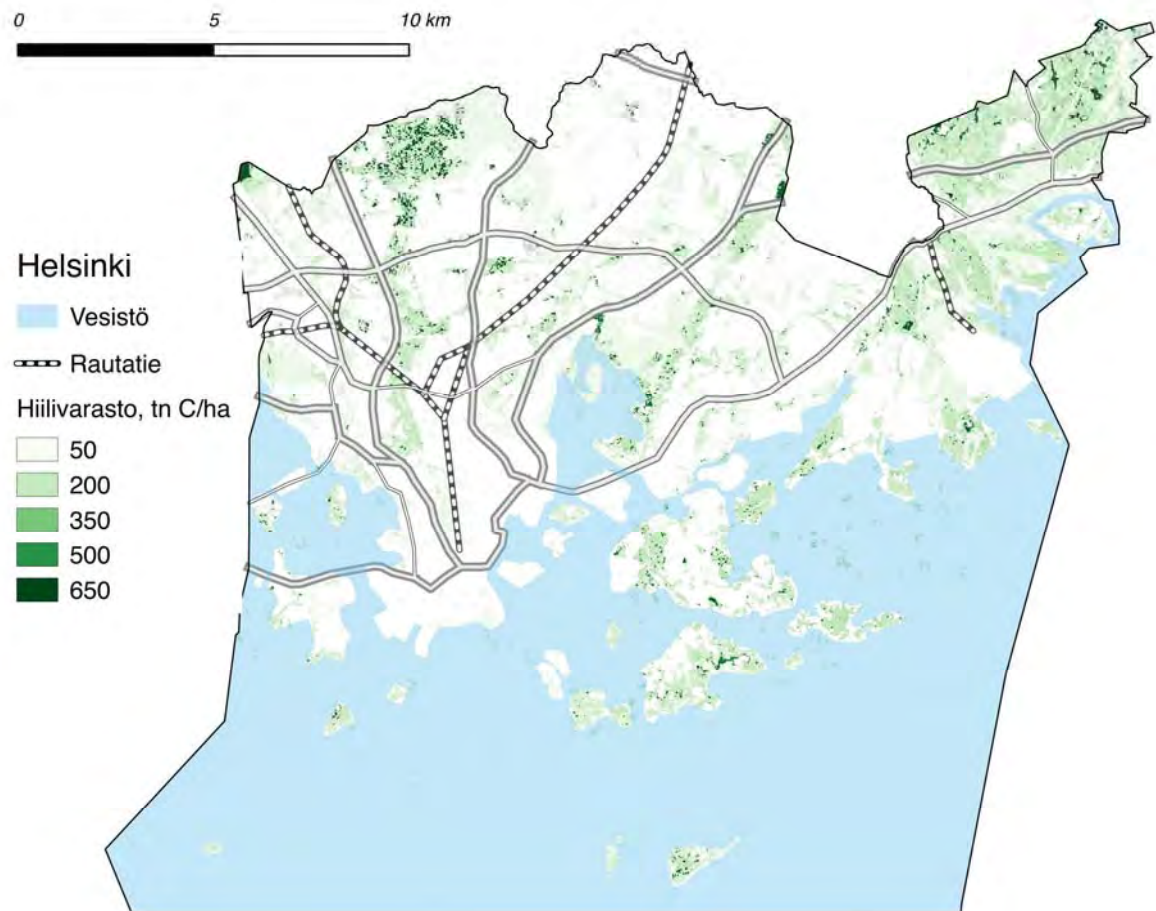
Kuvissa 11-20 on esitetty kaupungeittain kokonaishiilivaraston koot ja niiden vuotuinen muutos tarkasteluvuonna 2011.



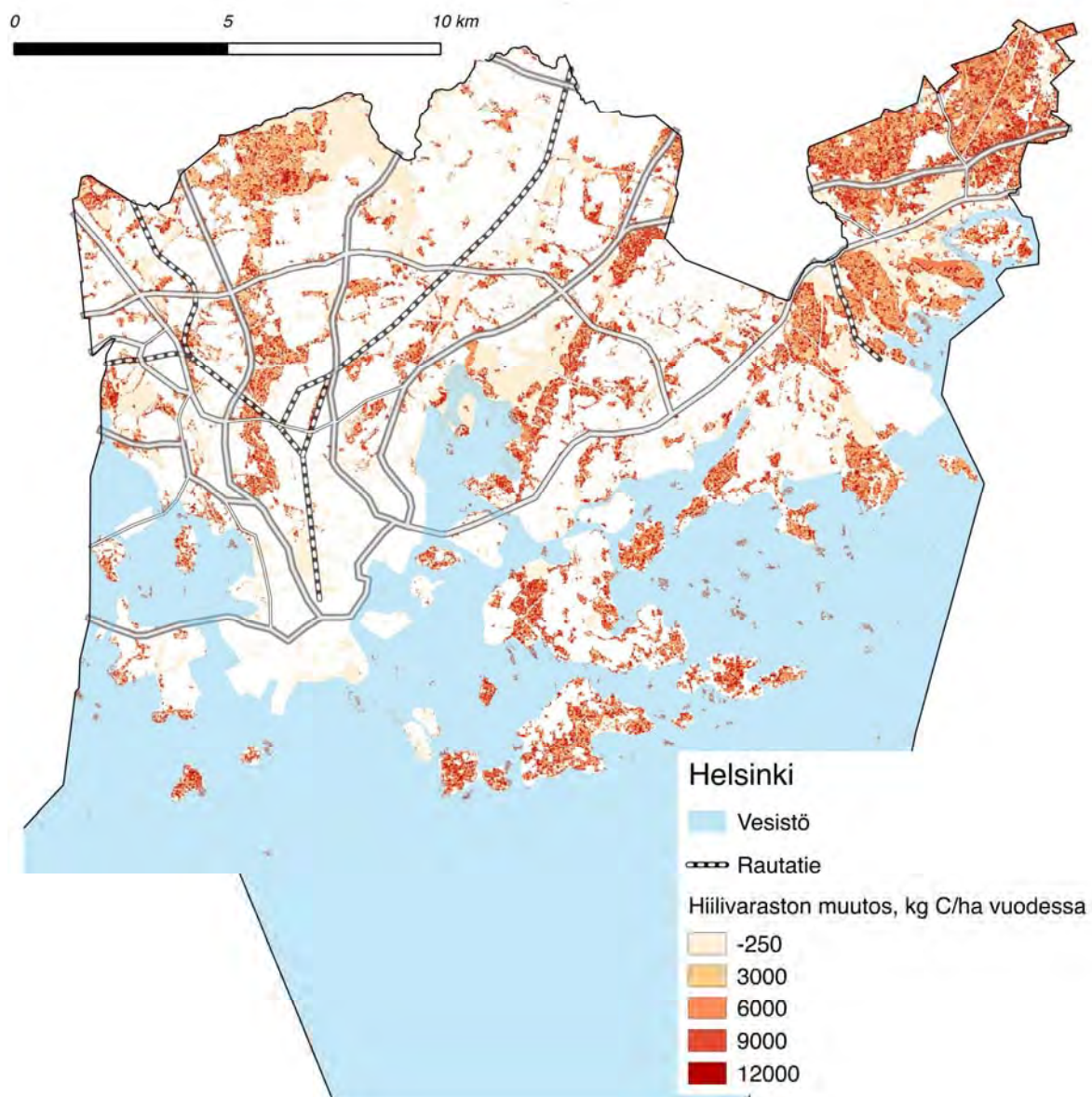
Kuva 11. Espoon maaperän ja kasvillisuuden hiilivarasto.



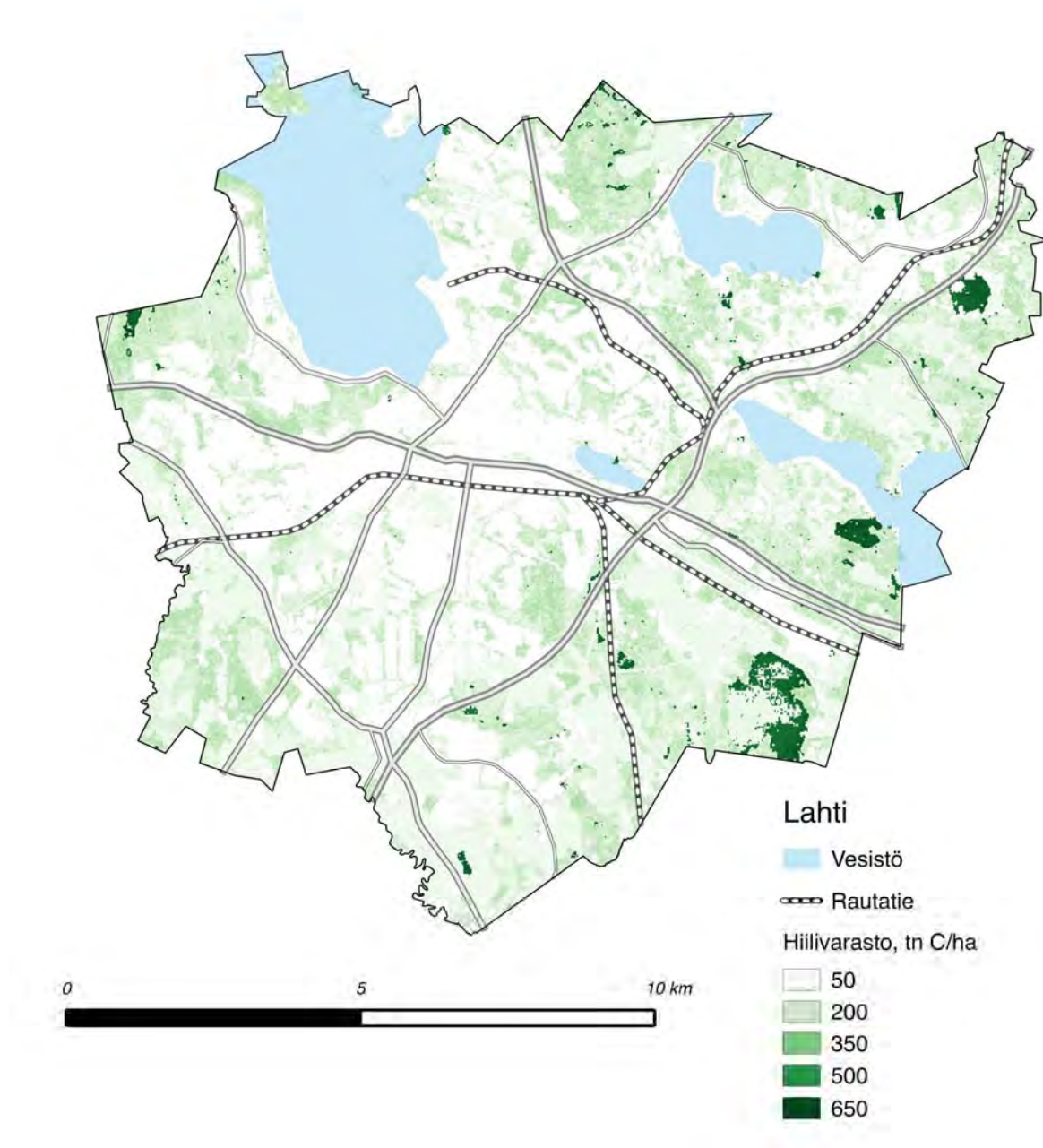
Kuva 12. Espoon maaperän ja kasvillisuuden hiilivaraston vuotuinen muutos.



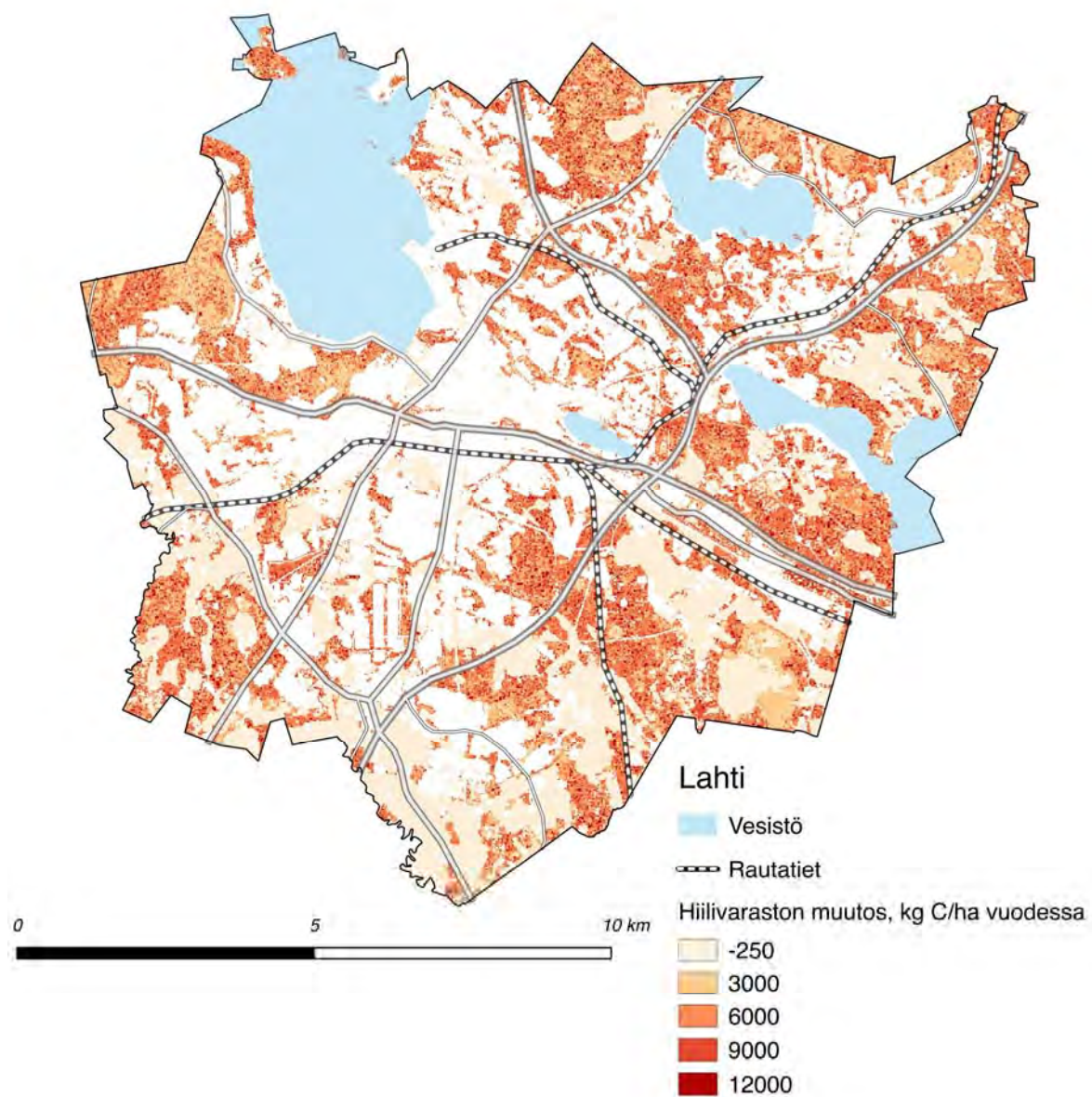
Kuva 13. Helsingin maaperän ja kasvillisuuden hiilivarasto.



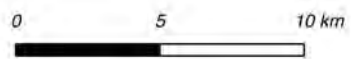
Kuva 14. Helsingin maaperän ja kasvillisuuden hiilivaraston vuotuinen muutos.



Kuva 15. Lahden maaperän ja kasvillisuuden hiilivarasto.



Kuva 16. Lahden maaperän ja kasvillisuuden hiilivaraston vuotuinen muutos.



Turku

Vesistö

Rautatie

Hiilivarasto, tn C/ha

50

200

350

500

650



Kuva 17. Turun maaperän ja kasvillisuuden hiilivarasto.

0 5 10 km

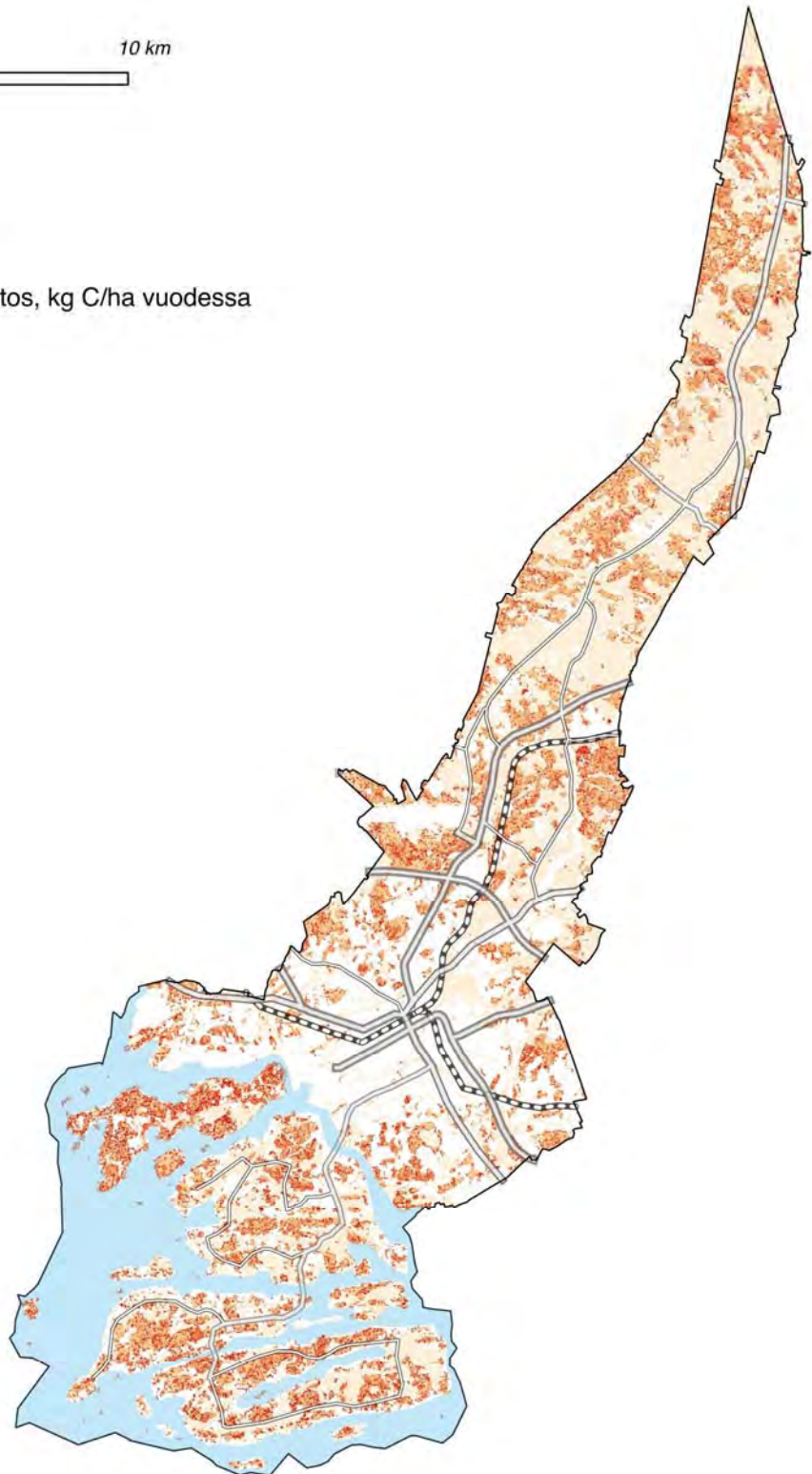
Turku

Vesistö

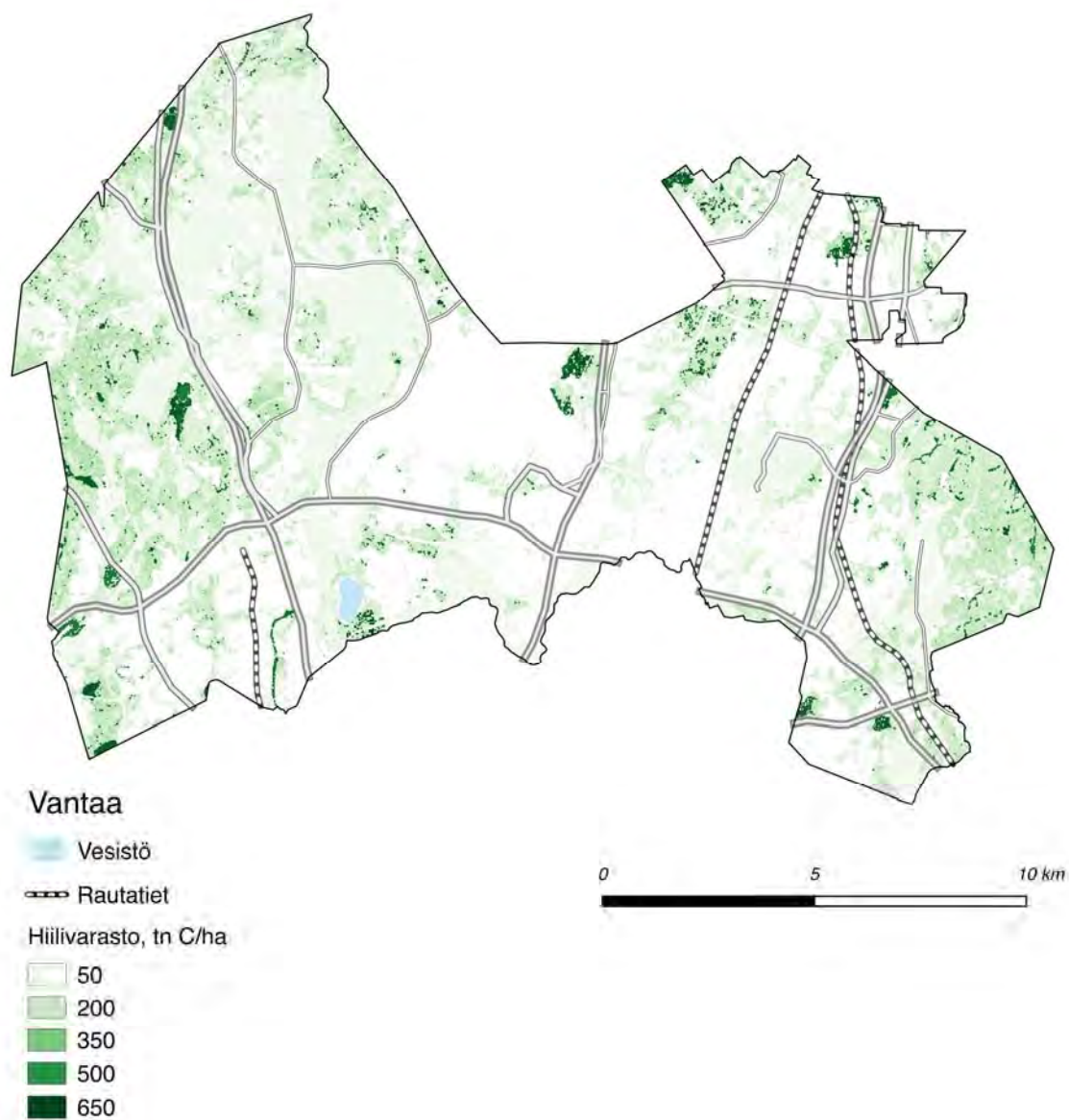
Rautatie

Hiilivaraston muutos, kg C/ha vuodessa

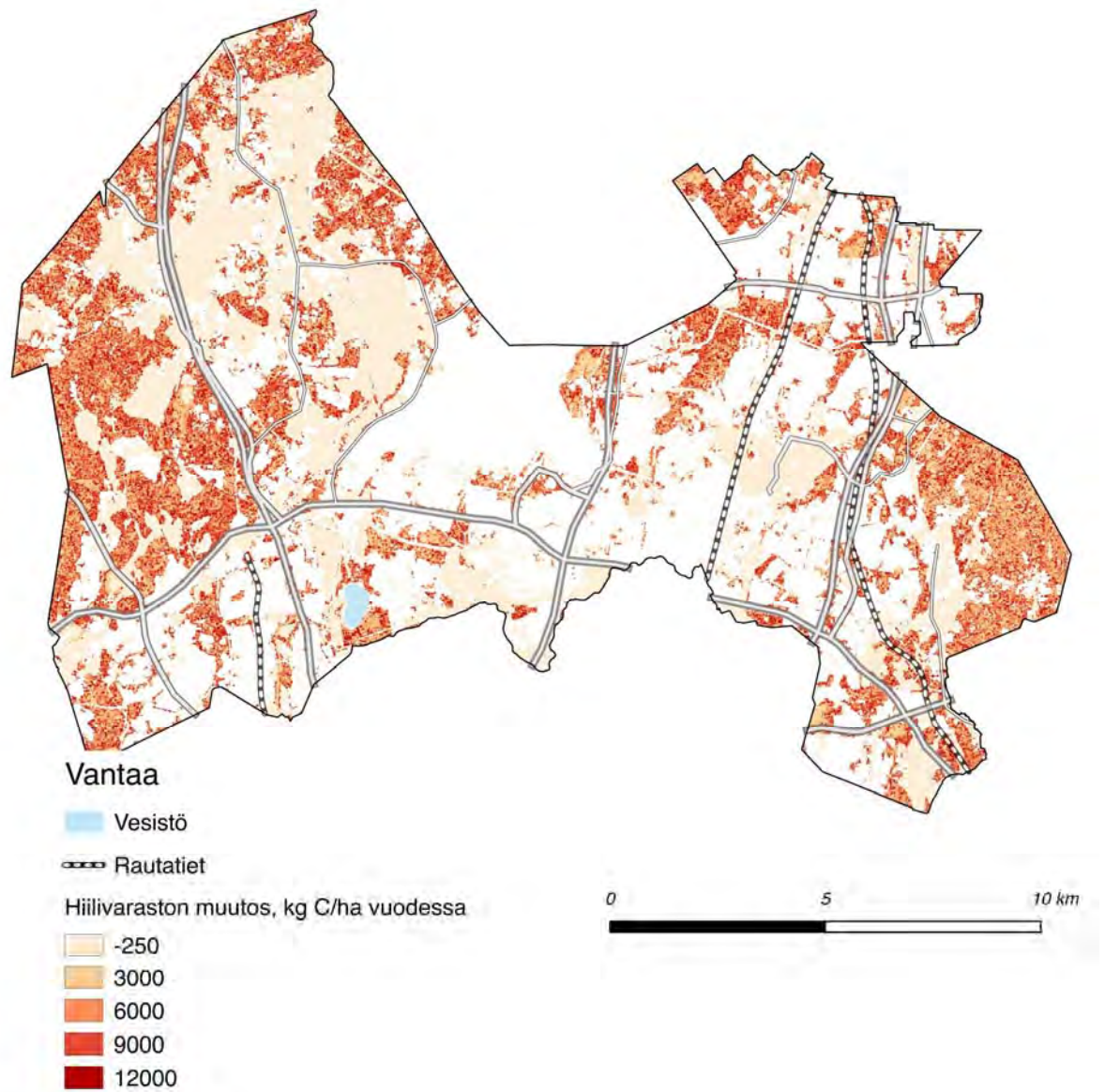
-250
3000
6000
9000
12000



Kuva 18. Turun maaperän ja kasvillisuuden hiilivaraston vuotuinen muutos.



Kuva 19. Vantaan maaperän ja kasvillisuuden hiilivarasto.



Kuva 20. Vantaan maaperän ja kasvillisuuden hiilivaraston vuotuinen muutos.

5 Tulosten analysointi

Kaupunkien väliset erot hiilivarastojen koossa johtuvat erityyppisestä maankäytöstä kaupungeissa. Ilmasto vaikuttaa hiilivarastojen kokonaismäärään suhteellisen vähän, sillä tarkasteltavat kaupungit sijaitsevat varsin samanlaisissa ilmasto-olosuhteissa. Kaupungin viheralueiden hiilivarastot ovat sitä suurempia, mitä enemmän kaupungissa on tässä järjestyksessä: metsiä, peltoja ja muita viheralueita, kuten rakennettuja puistoja. Sivun 24 kuva 10 havainnollistaa näiden maankäyttömuotojen eroja esittämällä maaperähiilen varaston koon kehityksen 200 vuoden kuluessa maankäyttömuodon muutoksesta.

Nämä erot ovat seurausta siitä, että kasvillisuuden määrän, pelloilla lannoitteista tulevan hiilen syötteen määrän ja maaperän hiilen määrän välillä on positiivinen kytkös: mitä runsaampi kasvillisuus, sitä enemmän maaperään tulee hiilen syötettä, ja sitä suuremmaksi maaperän hiilivarasto kasvaa. Kun kasvillisuuden tai muun hiilen syötteen määrää pienennetään pysyvästi, maaperän hiilen määrä pienenee.

Laskentaa tehtäessä jouduttiin tekemään useita oletuksia, jotta kasvillisuuden ja maaperän välinen dynamiikka saatiin mallinnettua. Kaupunkien välisiä eroja ja näiden oletuksien paikkansapitävyyttä tarkastellaan alla tarkemmin viheraluehoitoluokittain. On kuitenkin syytä todeta, että laskennan oletukset vaikuttavat kunkin pääviheraluehoitoluokan sisäiseen järjestykseen. Pääjärjestys metsät (C), pellot (B1), loput rakennetut viheralueet (A) ja avoimet viheralueet (B) pätee laskennan oletuksista huolimatta, kun luokkaa B1 käsitellään aktiivisesti viljelyksessä olevana peltona.

Yksi laskennan oletus oli myös maankäyttömuutoksesta kulunut aika, jona käytettiin 50 vuotta kaikille A- ja B-luokille. Tämä oletus vaikuttaa erityisesti maahiilen määrä- ja muutosnopeusarvioon.

5.1 Kaupunkien väliset erot ja niiden syyt

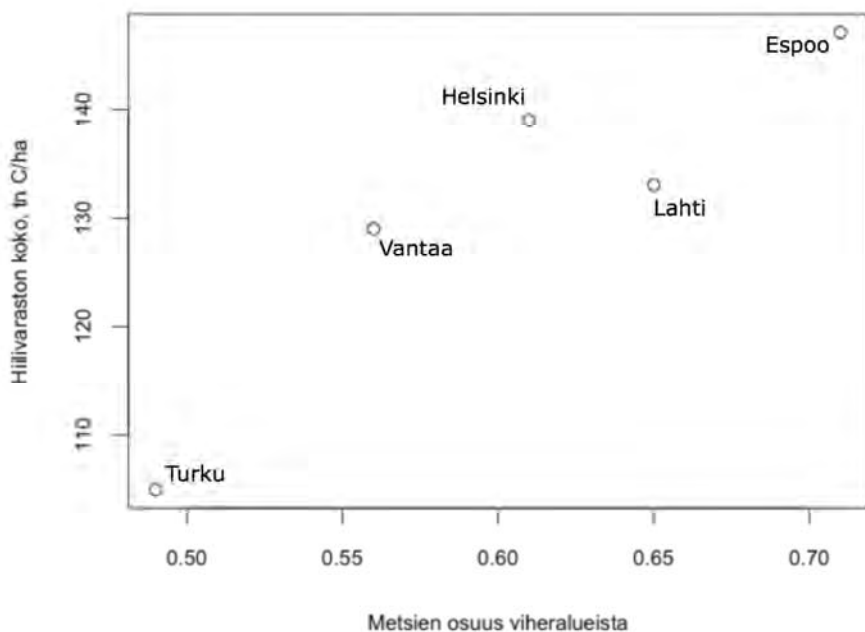
Taulukossa 12 on esitetty pinta-alan jakaantuminen eri viheraluehoitoluokkien pääryhmiin, ja kaupunkien hehtaarikohtainen kokonaishiilivaraston koko ja sen muutos.

Taulukko 12. Pinta-alan jakaantuminen eri viheraluehoitoluokkien pääryhmiin ja suhde hiilivaraston kokoon ja muutokseen.

Kaupunki	Pinta-ala, ha	Rakennetut viheralueet (A)	Avoimet viheralueet (B)	Metsät (C)	Hiilivarasto, tn C/ha	Muutos, tn C/ha, v
Espoo	19 509	8 %	21 %	71 %	147	4,14
Helsinki	8 971	16 %	23 %	61 %	139	3,95
Lahti	8 021	11 %	24 %	65 %	133	3,58
Turku	16 281	7 %	44 %	49 %	105	2,36
Vantaa	13 162	10 %	35 %	56 %	129	3,46

Taulukosta on nähtävissä metsien osuuden ja hiilivaraston (kuva 21), sekä sen kasvuvauhdin positiivinen yhteys. Espoossa, jonka alueella sijaitsee mm. Nuuk-sion kansallispuisto, on suurin metsien osuus tarkastelluista kaupungeista, joten

sen hehtaariohtainen hiilivarastokin on suurin. Turussa metsien osuus on kaupungeista pienin, ja avointen viheralueiden osuus suurin, mikä johtaa pienimpään hehtaariohtaiseen hiilivaraston kokoon. Peltojen osuus avoimista viheralue-luokista on Turussa ja Lahdessa huomattavasti suurempi kuin pääkaupunkiseu-dun kaupungeissa (taulukko 13), mikä osaltaan pienentää kaupunkien välisiä, metsien osuudesta aiheutuvia eroja, sillä peltojen hehtaariohtainen hiilivarasto on viheraluehoitoluokista metsien jälkeen seuraavaksi suurin.



Kuva 21. Hiilivarasto hehtaaria kohti on sitä suurempi, mitä isompi osuus viheralueista on metsää.

Ainoa poikkeama trendistä ”mitä enemmän metsää, sitä enemmän hiilivarastoja” on pari Helsinki-Lahti. Lahdessa metsien osuus on suurempi kuin Helsingissä, 65% - 61 %, mutta Lahden hiilivaraston koko ja sen kasvuvauhti ovat pienempiä kuin Helsingissä (taulukko 12). Tämä selittyy sillä että Helsingissä metsissä kas-villisuuden biomassassa on keskimäärin korkeampi kuin Lahdessa, Helsinki: 77 tn C/ha, Lahti: 64 tn C/ha (Liite 2, taulukko 2.6).

Hiilivarastojen kokoon vaikuttavat myös viheraluehoitoluokkaosuudet pääluokkien sisällä, erityisesti peltojen osuus suhteessa muihin avoimiin tai rakennettuihin viheralueisiin. Tämän merkitys on kuitenkin kokonaisuuden kannalta huomattavasti vähäisempi kuin kahtiajaon ”metsät – muut viheralueet” merkitys. Viheraluehoito-luokkakohtaisia eroja on tarkasteltu kahdessa seuraavassa luvussa.

5.2 Viheraluehoitoluokat: rakennetut puistot (A), avoimet alueet (B)

Rakennettujen puistojen ja avoimien alueiden osalta kaupunkien erot maahiilen osalta määräytyvät suoraan hoitoluokkien pinta-alaosuuksien kautta (taulukot 13 ja 14).

Taulukko 13. Viheraluehoitoluokat A ja B järjestettynä pienenevän maaperähiilivaraston mukaan, sekä kaupunkien omien alueiden hoitoluokkien prosenttiosuudet.

Hiilivaraston koko ↓	Espoo	Helsinki	Lahti	Turku	Vantaa
B1 Maisemapellot	28 %	28 %	66 %	64 %	26 %
A3 Käyttö- ja suojaviheralueet	23 %	19 %	14 %	10 %	22 %
B4 Avoimet alueet ja näkymät	0 %	0 %	1 %	20 %	0 %
B2/B3 Käyttöniityt, maisemaniityt ja laidunalueet	27 %	23 %	11 %	2 %	32 %
A2 Käyttöviheralueet	22 %	29 %	8 %	2 %	20 %
A1 Edustusviheralueet	0 %	1 %	0 %	0 %	0 %

Taulukko 14. Viheraluehoitoluokat A ja B järjestettynä pienenevän maaperähiilivaraston mukaan, sekä kaupunkien rajojen sisällä olevien muiden kuin omien alueiden hoitoluokkien prosenttiosuudet.

Hiilivaraston koko ↓	Espoo	Helsinki	Lahti	Turku	Vantaa
B1 Maisemapellot	60 %	38 %	61 %	74 %	72 %
A3 Käyttö- ja suojaviheralueet	24 %	34 %	34 %	13 %	19 %
B4 Avoimet alueet ja näkymät	3 %	8 %	2 %	6 %	2 %
B2/B3 Käyttöniityt, maisemaniityt ja laidunalueet	9 %	7 %	2 %	3 %	5 %
A2 Käyttöviheralueet	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
A1 Edustusviheralueet	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %

Näiden taulukoiden paikkansapitävyys hoitoluokkien järjestyksen suhteen määräytyy taulukon 3 biomassaoletuksien paikkansapitävyyden kautta. Laskennassa A- ja B-hoitoluokille löytyi VMI-aineistosta biomassaa-arvio 80 prosentille näihin luokkiin kuuluvista hilapikseleistä (pois lukien B1). Näiden pikseleiden keskimääräisen biomassaa-arvion vastaavuus laskennan oletuksiin on esitetty taulukossa 15. Laskennassa niille 20 % pikseleistä, joille ei löytynyt biomassaa-arviota VMI-aineistosta, käytettiin oletuksien mukaista biomassamäärän arviota.

Taulukko 15. A- ja B-luokkien laskennan biomassaoletukset ja niiden vastaavuus VMI-aineistosta otettuihin biomassaa-arvioihin.

Viheralueen hoitoluokka	Osuus metsäbiomassasta, %	Keskimääräinen VMI-biomassa, tonnia/ha	Pikseleitä kaikkiaan
A3 Käyttö- ja suojaviheralueet	20	83	72 664
B4 Avoimet alueet ja näkymät	10	60	14 252
A2 Käyttöviheralueet	5	91	5 935
B2 Käyttöniityt	5	79	9 474
B3 Maisemaniityt ja laidunalueet	5	86	10 751
B5 Arvoniityt	5	71	12 546
A1 Edustusviheralueet	2	89	22

C-hoitoluokkien keskimääräinen biomassan määrä oli 1 204 tonnia/ha, joten käytetty A- ja B-hoitoluokkien taso oli tässä valossa oikea, mutta erityisesti A3- ja B4-hoitoluokkien kohdalla ei ollut havaittavissa laskennassa käytettyä eroa muihin luokkiin. Näin alhaiset biomassan määrät eivät kuitenkaan ole tyypillisiä VMI-aineistossa, joka keskittyy metsän biomassan määrän arviointiin. Oletuksien paikkansapitävyys tulisikin tarkastella kaupunkikohtaisesti kaupunkien omien asiantuntijoiden toimesta.

5.3 Viheraluehoitoluokat: metsät (C)

Metsien osalta kaupunkien erot maahiilen osalta määräytyvät paitsi hoitoluokkajakauman, myös puuston keskimääräisen kehitysvaiheen kautta puuston määrän ja maaperähiilen määrän välisen kytkennän takia. Lisäksi eroihin vaikuttavat mahdolliset erot kaupunkien välillä kasvupaikkaluokkajakaumassa. Kasvupaikka kuvaa puuston kasvupotentiaalia: rehevä kasvupaikka tuottaa samassa ajassa suuremman määrän biomassaa kuin karu kasvupaikka, ja tämä kertautuu maaperän hiilimäärässä.

Taulukossa 16 on VMI-aineiston mukainen kasvupaikkajakauma. Sitä tarkasteltaessa tulee pitää mielessä, että kasvupaikkaluokka on verrattain heikosti tulkittavissa satelliittikuva-aineistosta, joka on VMI-aineiston pääasiallinen tietolähde. Esitettyyn kasvupaikkaluokkajakaumaan sisältyy siten merkittävästi epävarmuutta.

Taulukko 16. VMI-aineiston mukainen, kaupunkien alueilla sijaitsevien kaikkien metsien kasvupaikkaluokkajakauma.

Kaupunki	lehto	lehtomainen kangas	tuore kangas	kuivahko kangas	kuiva kangas	karukko kangas	kalliot, hietikot*
Espoo	4	28	46	6	2	0	15
Helsinki	1	42	44	5	0	0	7
Lahti	6	52	31	8	1	0	1
Turku	5	10	59	10	1	0	13
Vantaa	5	42	41	7	1	0	5

*Sisältää myös kitu- ja joutomaat

Merkittävin piirre kasvupaikkajakaumassa on rehevien kasvupaikkojen (lehdot ja lehtomaiset kankaat) pieni osuus Turussa, mikä osaltaan pienentää Turun hehtaarikohtaista hiilivarastoa (taulukko 12). Lisäksi Espoossa on suuri osuus kasvupaikkaluokalla, johon VMI-aineistossa on luokiteltu kalliot, hietikot, kitu- ja joutomaat.

Laskennassa käytettiin C-luokkaan kuuluvia pikseleitä ainoastaan, mikäli niille löytyi VMI-aineistosta biomassa-arvio, taulukossa 17 on esitetty laskenta-aineiston kattavuus.

Taulukko 17. C-luokkien laskennassa käytetty pinta-ala, ja niiden pikseleiden osuus kaikista C-luokitetuista, joille ei löytynyt VMI-aineistosta biomassa-arviota.

Raportointiluokka	Laskentaan päätynyt pinta, ha	Hylättyjä pikseleitä
Espoo	935	15 %
Espoo, ei oma	925	10 %
Helsinki	937	20 %
Helsinki, ei oma	905	35 %
Lahti	405	11 %
Lahti, ei oma	392	17 %
Turku	664	13 %
Turku, ei oma	475	12 %
Vantaa	443	12 %
Vantaa, ei oma	828	17 %

Kun C-viheraluehoitoluokkia tarkastellaan keskimäärin yli koko puuston kiertoajan, saadaan niille kuitenkin metsien käsittelystä seuraava sisäinen järjestys maaperän hiilimäärän suhteen (kuvat 7, 9). Tämä järjestys ja kaupunkien erot hoitoluokkajakaumassa on esitetty taulukoissa 18 ja 19.

Taulukko 18. Viheraluehoitoluokat C järjestettynä pienenevän maaperähiilivaraston mukaan, sekä kaupunkien omien alueiden hoitoluokkien prosenttiosuudet.

Hiilivaraston koko ↓	Espoo	Helsinki	Lahti	Turku	Vantaa
C5 Arvometsät	0 %	0 %	2 %	0 %	0 %
C2/C3 Ulkoilu- ja virkistysmetsä, suojametsä	64 %	64 %	91 %	99 %	92 %
C4 Talousmetsä	36 %	0 %	0 %	0 %	1 %
C1 Lähimetsä	0 %	35 %	6 %	1 %	6 %

Taulukko 19. Viheraluehoitoluokat C järjestettynä pienenevän maaperähiilivaraston mukaan, sekä kaupunkien rajojen sisällä olevien muiden kuin omien alueiden hoitoluokkien prosenttiosuudet.

Hiilivaraston koko ↓	Espoo	Helsinki	Lahti	Turku	Vantaa
C5 Arvometsät	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
C2/C3 Ulkoilu- ja virkistysmetsä, suojametsä	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
C4 Talousmetsä	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
C1 Lähimetsä	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %

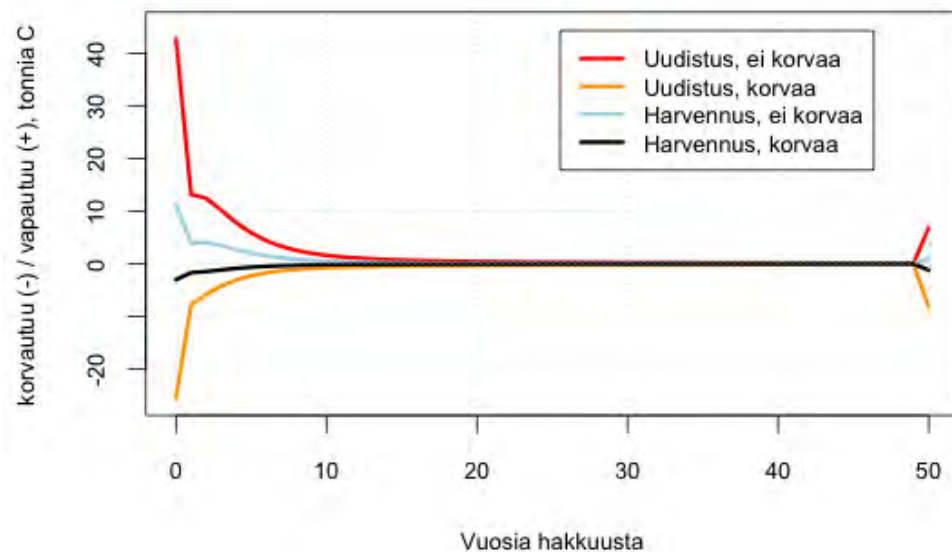
Näiden taulukoiden paikkansapitävyys hoitoluokkien järjestyksen suhteen määräytyy kappaleessa 3.4.2 esitettyjen, kullekin hoitoluokalle oletetun metsänkäsittelytavan paikkansapitävyydestä.

Esitetty hoitoluokkien järjestys ei ota huomioon hakkuissa metsästä poistuvaa puuainesta. Hakkuilla on negatiivinen vaikutus maaperähiilen määrään, koska

muuten luonnonpoistuman kautta maaperään päätyvä puubiomassa hiili poistetaan niiden yhteydessä metsästä ja siirretään puuperäisiin tuotteisiin, tai muutetaan suoraan energiaksi. Jos tämä puutuote- ja energiantuotantoketjuun metsästä siirretty hiilimäärä otettaisiin tarkastelussa huomioon, vaikuttaisi se todennäköisesti C-hoitoluokkien keskinäiseen järjestykseen. Varsinkin, mikäli puuta käytettäisiin energiantuotannossa kivihiiltä korvaavana energianlähteenä. Puustoon sitoutunut hiili on mukana nopeassa hiilen biosykliissä eli siinä hiilen kierrossa, jossa hiili kiertää jatkuvasti ilmakehän, kasvillisuuden, maaperän ja vesistön välillä. Kivihiili ja muut fossiiliset polttoaineet ovat osa hiilen geosykliä eli ne ovat käytännössä pysyviä hiilen varastoja, jotka eivät lisää ilmakehän hiilidioksidin pitoisuutta, mikäli niitä ei aktiivisesti palauteta osaksi biosykliä, kuten polttamalla ne energiantuotannossa.

Tätä havainnollistaa kuva 21, jossa negatiiviset luvut ilmaisevat nettovähennystä energiantuotannosta ilmakehään pysyvistä hiilen geologisista varastoista vapautuvan hiilen määrässä, kun puulla korvataan kivihiilellä tuotettua energiaa. Mallissa kaikki puutuotteeseen sitoutunut puu käytetään elinkaaren lopussa energiantuotantoon, eli kaatopaikkaloppusijoitusta ei ole.

Mikäli puutuotetekijällä ei korvata energiantuotantoa, vaan se on lisätuotantoa muiden energiantuotantomuotojen lisäksi, puutuotteisiin sitoutuneella hiilellä ei ole merkitystä pysyvien hiilivarastojen ylläpitäjänä, ja sitä voidaan tarkastella pelkästään osana hiilen biosykliä. Energiantuotannon yhteydessä hiili vapautuu ilmakehään aivan kuten luonnontilaisessa metsän kierrossa, joskin erilaisella aikajänteellä. Välittömän, muutaman vuoden aikajänteellä hakkuista vapautuvan hiilen määrä on suurempi kuin luonnossa hajoamisen seurauksena. Tämä johtuu siitä, että hakkuissa poistettavan runkopuun sisältämä hiili päättyy tuotekierron kautta nopeammin takaisin ilmakehään kuin se metsän luontaisen kehittymisen kautta sieltä luonnonpoistuman (puiden kuoleminen keskinäisen kilpailun takia) kautta vapautuisi. Tämä koskee erityisesti metsän elinkaaren alkupään hakkuita (harvennus kuvassa 21). Silloin kun metsästä poistetaan puutuotekiertoa järeitä puita, joista tehdään pitkäkestoisia mekaanisen puunjalostusteollisuuden tuotteita (sahatavara, vaneri), merkittävä osa kokonaishiilimäärästä on vielä 50 vuodenkin kuluttua hakkuusta sitoutuneena puuperäisiin tuotteisiin (uudistus kuvassa 21). Johtuen eri puulajien erilaisista puutuotetekijöistä, tällä tarkastelulla on erilainen vaikutus eri puulajeilla.



Kuva 21. Hiilen vapautuminen puutuoteketjusta ja energiantuotannosta vuosia MT kuusi-kon hakkuiden jälkeen, kun käytetään 50 vuoden puutuoteketjun kokonaiskiertoaika. Mallinnettu Liski ym. 2001 mukaan.

5.4 Tulosten luotettavuus

Kappaleessa 3 on esitetty kunkin viheraluehoitoluokan kohdalla oletukset, joita jouduttiin laskennan yhteydessä tekemään laskenta-aineiston täydentämiseksi. Yllä on tarkasteltu oletusten paikkansapitävyyttä niiltä osin kuin se on laskenta-aineiston kautta mahdollista.

Laskentaoletusten lisäksi tulosten luotettavuuteen vaikuttavaa laskenta-aineiston luotettavuus, eli kullekin hilaruudulle käytetyn Corine2006-maankäyttöluokituksen paikkansapitävyys niiden hilaruutujen osalta, joille ei ollut käytettävissä kaupunkien omista aineistoista saatua maankäyttöluokkaa, sekä kaikkien hilaruutujen osalta VMI-aineistosta hyödynnettyjen tunnusten luotettavuus. Molemmat aineistot ovat kaukokartoitusperusteisia, ja niistä voidaan yleisesti todeta että yksittäisille hilaruuduille virheellisen tiedon mahdollisuus on merkittävä, mutta laajemmille alueille, kuten kunta, tulosten luotettavuus on oleellisesti parempi.

VMI-aineistolle on käytettävissä Metsäntutkimuslaitoksen aineiston yhteydessä julkaisemat luotettavuusluvut. Tässä tarkastelussa olennaisia tunnuksia ovat kasvupaikkaluokka ja puuston kokonaisbiomassa. Kasvupaikkaluokituksen osalta VMI-aineiston yhteydessä toimitettava aineistokuvaus toteaa seuraavaa: "Kasvupaikkaluokitus on vaativaa maastossakin ja luokituserot henkilöiden välillä yleisiä. Kasvupaikkateeman kuva-alkiosta noin 50 %:lla kasvupaikkaluokka on sama kuin VMI:n maastoluokituksessa. Ero on useimmiten kuitenkin vain yhden luokan suuruinen. Erot ovat yleisimpiä lehdoissa, lehtomaisilla soilla ja letoilla ja toisaalta karuilla kasvupaikoilla, karukkokankailla ja rahkaisilla soilla. MVMI:n ja VMI:n luokitukset ovat useimmiten yhteneviä tuoreilla kankailla ja vastaavilla soilla eli suurisaraisilla ja mustikkaisilla soilla. Tähän luokkaan luokitetuista kuva-alkioista 60-65 % kuuluu VMI:n maastoluokituksen mukaiseen luokkaan, kun taas maastoluokituksen mukaan ko. luokan kuva-alkioista 60 % on luokitettu oikein."

Väärällä kasvupaikkaluokituksella hilaruudun tasolla on merkittävä vaikutus sekä kasvillisuuden hiilivaraston koon muutoksen, että maaperän hiilivaraston koon ja

sen muutoksen arvioihin. Mikäli kasvupaikkaluokka on arvioitu todellista rehevämmäksi, kasvillisuuden hiilimäärän muutos on yliarvioitu, kuten myös maaperän hiilivaraston koko ja sen muutoksen suuruus. Vastaavasti mikäli kasvupaikkaluokitus on todellisuutta karumpi, arviot ovat aliarvioita.

Puuston kokonaisbiomassan osalta samassa aineistokuvauksessa hilaruudun keskivirheeksi biomassalle annetaan 30-40 t/ha havupuille ja 0,3 t/ha lehtipuille. Lehtipuun alhaisempi luku on suoraan seurausta lehtipuiden havupuita keskimäärin huomattavasti pienemmästä hehtaarikohtaisesta määrästä yli koko Suomen. Hiilitonneiksi luvut saa jakamalla ne kahdella. Keskivirhe on lähes puolet kaupunkien keskimääräisestä kasvillisuuden hiilivarastosta, mikä kuvastaa hyvin sitä, että hilaruutujen tasolla tuloksissa on merkittävää hajontaa. Hajonta kuitenkin pienenee tarkasteltaessa suurempien alueiden keskiarvoja.

Puuston kokonaisbiomassaa käytettiin tarkastelussa sellaisenaan kuvaamaan kasvillisuuden hiilivaraston kokoa, joten tunnuksen luotettavuus siirtyi tuloksiin suoraan. Sen sijaan kasvillisuuden hiilivaraston muutoksen sekä maaperän hiilivaraston koon ja sen muutoksen osalta kolmas oleellisesti tulosten luotettavuuteen vaikuttava tekijä on laskentamallien paikkansapitävyys. Kasvillisuuden hiilivaraston, ja sen muutosten osalta käytettyjen MELA2002-mallien tarkempi luotettavuustarkastelu löytyy julkaisusta Hynynen ym. (2002). Maaperän hiilivaraston ja sen muutoksen arviointiin käytetyn Yasso07-mallin luotettavuustarkastelu löytyy esim. julkaisuta Rantakari ym. (2011).

Tarkastelun tuloksia paikkatietoaineistoina käytettäessä pitää ottaa huomioon aineiston "ei dataa" hilaruudut, jotka periytyvät suoraan VMI-paikkatietoaineistosta. VMI-aineistossa hilaruutu on rajattu pois joko maankäyttömaskin takia (ei puustoiset alueet) tai pilvisyyden takia (satellittikuvalta ei voida tulkita puuston määrää).

6 Johtopäätökset ja toimenpidesuosituks

Tietoisuus hiilidioksidipäästöjen kasvusta ja ilmast

Metsät on Suomen tärkein hiilinielu. Metsien hiilinielu kattaa vajaa puolet Suomen vuosittaisista kokonaishiilidioksidipäästöistä. Kivennäismaiden maaperän orgaaniseen kerrokseen on varastoitunut hiiltä sama määrä kuin Suomen metsien puustoon. Suurin osa kivennäismaiden maaperän hiilestä (70 %) on sitoutunut orgaanisen kerroksen alapuolella olevaan, noin metrin paksuiseen ylimpään kivennäismaakerrokseen. Kasvillisuuteen ja maaperään sitoutuneen hiilen välillä on positiivinen kytkentä: mitä suurempi on kasvillisuuden pysyvä määrä, sitä suuremmaksi kasvaa myös maaperän hiilivaraston koko.

Tämän selvityksen tulokset havainnollistavat tarkasteltavien kaupunkien kasvillisuusalueisiin; metsiin, puistoihin ja peltoihin sitoutuneen hiilen kokonaismäärää ja eri maankäyttöluokkien merkitystä hiilen varastoinnissa. Kaupungin kasvillisuusalueiden hiilivarastot ovat sitä suuremmat, mitä enemmän alueella on tässä järjestyksessä: metsiä, pelt

Metsien osalta kaupunkien erot maaperähiilen määrässä määräytyvät paitsi hoitoluokkajakauman, myös puuston keskimääräisen kehitysvaiheen kautta puuston määrän ja maaperähiilen määrän välisen kytkennän takia. Lisäksi eroihin vaikuttavat kaupunkien metsien kasvupaikkaluokkajakaumaerot. Laskelman mukaan suojelualueella maaperän hiilimäärä on tuoreen kankaan kuusikossa kaksinkertainen kuivahkon kankaan männikköön verrattuna. Lähimetsien (hoitoluokka C1) maaperän hiilivarasto on kaikkein pienin, koska sieltä kerätään pois kaikkein eniten kantoja, hakkuutähdettä ja muussa hoidossa muodostuvaa kasviperäistä ainesta. Silloin kun arvometsien ja suojelualueiden (hoitoluokka C5) hoito-ohjelmaan eivät lainkaan kuulu hakkuut (laskennassa käytetty oletus), maaperän hiilivarasto kasvaa muita huomattavasti suuremmaksi suuren karikesadannan ja luonnonpoistuman vuoksi. Näiden metsien osalta hiilivaraston koon kasvaminen ei jatku loputtomasti, vaan puuston saavuttaessa kehityksensä kliimaksivaiheen, hiilivarasto saavuttaa maksimikoon, josta se myös hetkellisesti luonnollisten häiriötekijöiden vuoksi ajoittain putoaa alemmalle tasolle.

Esitetty hoitoluokkien järjestys ei ota huomioon hakkuissa metsästä poistuvaa puuainesta. Hakkuilla on negatiivinen vaikutus maaperähiilen määrään, koska luonnonpoistuman kautta maaperään päätyvä puubiomassan hiili poistetaan hakkuiden yhteydessä metsästä. Puubiomassan hiili siirretään raaka-aineeksi puutuotteisiin tai energiantuotantoon. Jos tämä puutuote- ja energiantuotantoketjuun metsästä siirretty hiilimäärä otettaisiin tarkastelussa huomioon, vaikuttaisi se C-hoitoluokkien keskinäisiin suhteisiin. Huomioitaessa puutuotevarastot muut hoitoluokat siirtyvät lähemmäksi arvometsiä ja suojelualueita (C5) hiilivaraston koon

suhteen. Huomioitaessa puun käyttö korvaavana energianlähteenä, kääntyy hoitoluokkien järjestys päinvastaiseksi siten, että eniten puuta puutuoteketjuihin tuottavat hoitoluokat saavat isoimmat hiilivarastot.

Yhdyskuntarakenteen suunnittelulla voidaan vaikuttaa hiilinielujen säilymiseen ja lisäämiseen. Eri kaavatasoilla tapahtuva maankäytön suunnittelu on tärkein prosessi, johon hiilinielujen ylläpitäminen tulisi kytkeä. Kestävässä yhdyskuntasuunnittelussa huomioidaan laajat yhtenäiset metsä-, kosteikko- ja suoalueet, jotka yhdessä erikokoisten viheralueiden viheryhteyksien kanssa muodostavat alueelle yhtenäisen viherverkoston. Tämä selvitys antaa kestävään yhdyskuntasuunnitteluun yhden uudenlaisen näkökulman: kasvillisuuden ja maaperän merkityksen ilmakehän hiilidioksidin sidonnassa ja ilmastomuutoksen hillinnässä.

Kaupunki tai kunta voi maankäytön suunnittelulla vaikuttaa sen rajojen sisällä sijaitsevien alueiden käyttötarkoituksiin ja rakentamisen toteutukseen. Myös kaupungin tai kunnan omistamat alueet rajojen ulkopuolella voivat olla tärkeässä roolissa päätettäessä esimerkiksi hiilinielujen lisäämisestä tai kaupungin hiilidioksidipäästöjen kompensoimisesta.

Tärkeimmät maankäytön suunnittelun keinot vaikuttaa alueiden hiilitaseeseen ovat metsien, peltujen ja muiden kasvillisuusalueiden hiilivarastojen ylläpitäminen ja lisääminen sekä toisaalta rakennettujen alueiden minimointi. Maankäytön suunnittelulla voidaan turvata metsiä, kosteikkoja ja turvemaita, jotka toimivat alueen tärkeimpinä hiilinieluina. Rakentamista voidaan mahdollisuuksien mukaan ohjata niin, että kaupungin tärkeimmät hiilinielut säilyvät. Tiivis ja eheä yhdyskuntarakenne turvaa hiilivarastoja ja -nieluja: maa saadaan tehokkaimmin hyödynnettyä rakentamiseen ja tarve muuttaa metsämaita rakennusmaaksi pienenee. Mikäli maankäyttömuutosta suunniteltaessa on mahdollista valita erilaisten metsäalueiden väliltä, kannattaa hiilivarastojen kannalta valita maankäyttömuutoksen kohteeksi kasvupotentiaaliltaan heikoimmat alueet: niiden hiilivaraston koko on pienempi kuin rehevien kasvupaikkojen metsissä.

Kaupunkien maankäyttösektorin hiilivaraston kokoa voidaan kasvattaa suosimalla niitä maankäyttömuotoja, jotka ylläpitävät mahdollisimman suurta kasvillisuuden määrää pinta-alayksikköä kohden. Metsät ovat siihen luontevin keino. Myös aktiiviviljelyssä olevalla pellolla, jota lannoitetaan eläinperäisellä lannoitteella, on merkittävästi suurempi hiilivarasto kuin muilla avoimilla ja rakennetuilla viheralueilla. Niiden osalta hiilivarasto kehittyy suotuisasti, mikäli suositaan sellaisia viheralueita, joiden kasvillisuuden määrä on mahdollisimman suuri, hoidossa pyritään luonnonmukaisuuteen ja vältetään kasvimateriaalin poistoa alueelta. Kasvillisuuden, etenkin puiden, poisto heikentää ekosysteemin kykyä sitoa hiiltä ilmakehästä.

Alueen hiilitaseen näkökulmasta viljelystä poistetut pellot tulisi metsittää silloin, kun hoitotavoitteena on ainoastaan hiilivaraston kasvattaminen. Peltujen metsittäminen hidastaa monissa tapauksissa ilmaston lämpenemistä, sillä uusien puiden kasvu sitoo hiilidioksidia ilmakehästä. Kun peltoon istutetaan puita, peltoaan heijastavuus (albedo) kuitenkin vähenee, sillä varsinkin havupuiden tummat neulasetsimevät tehokkaasti auringonsäteilyä, mikä lämmittää alailmakehää. Heijastavuuden muutosta voidaan pienentää suosimalla havupuiden sijaan lehtipuita.

Maaperän hiilivarasto riippuu kasvillisuuden karikesyötteestä. Suurikokoinen ja monikerroksellinen kasvillisuus tuottaa yleensä enemmän kariketta kuin pieni. Maaperän hiilivaraston kannalta on tärkeää, että metsät ja muut viheralueet pysyvät elinvoimaisina ja tuottavat mahdollisimman paljon kariketta maaperään. Maaperän hiilivaraston suojelemiseksi olisi vältettävä toimia, jotka kiihdyttävät orgaanisen aineen hajoamista maaperässä. Maaperän hiilivaraston suuresta koosta johtuen suhteellisen pienetkin muutokset maaperän hiilivaraston koossa voivat vaikuttaa ilmakehän CO₂-pitoisuuteen.

Viherrakentamisella ja puurakentamisella voidaan lisätä alueen hiilinielupotentiaalia ja hiilen varastoja. Maankäytön suunnittelun, viherrakentamisen ja puurakentamisen keinoja lisätä hiilinieluja ja vähentää maankäytön kasvihuonekaasupäästöjä selvitetään tarkemmin tämän hankkeen osassa 2.

7 Lähteet

Akujärvi, A., Heikkinen, J., Palosuo, T. ja Liski, J. 2013. Carbon budget of the Finnish croplands. Käsikirjoitus. Lisätietoa: jari.liski@ymparisto.fi.

Heikkinen, J., Ketoja, E., Nuutinen, V. & Regina, K. 2013. Declining trend of carbon in Finnish cropland soils in 1974–2009. *Global Change Biology* (2013) 19, 1456–1469, doi: 10.1111/gcb.12137.

Helmisaari, H.-S. and Hallbäck, L. 1998. Tree biomass belowground. In: Andersson, F., Brække, F.H. & Hallbäck, L. (eds.) *Nutrition and growth of Norway spruce forests in a Nordic climatic and deposition gradient*. Tema Nord 566:80-90. Nordic Council of Ministers, Copenhagen.

Hynynen, J., Ojansuu, R., Hökkä, H., Siipilehto, J., Salminen, H., & Haapala, P. 2002. Models for predicting stand development in MELA system. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 835.

Kauppi, P. E., Tomppo, E. & Ferm, A. 1995. C and N storage of living trees within Finland since 1950s. *Plant and Soil* 168–169: 633–638.

MATILDA, 2013. <http://www.maataloustilastot.fi>

Minkkinen, K. & Ojanen, P. 2013. Pohjois-Pohjanmaan turvemaiden kasvihuonekaasutaseet. *Metlan työraportteja* 258:75-111.

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

MVMI, 2013. Monilähteisen valtakunnan metsien inventoinnin (MVMI) kartta-aineisto 2011, ©Metsäntutkimuslaitos, 2013. <http://kartta.metla.fi/>

Liski, J. & Westman, C.J. 1997. Carbon storage in forest soil of Finland. *Biogeochemistry* 36: 261–274.

Liski, J., Pussinen, A., Pingoud, K., Mäkipää, R. and Karjalainen, T. 2001. Which rotation length is favourable to carbon sequestration? *Can. J. For. Res.* 31: 2004–2013.

Liski, J., Lehtonen, A., Palosuo, T., Peltoniemi, T., Eggers, T., Muukkonen, P., & Mäkipää, R., 2006. Carbon accumulation in Finland's forests 1922–2004 – an estimate obtained by combination of forest inventory data with modelling of biomass, litter and soil. *Ann. For. Sci.* 63: 687–697.

OIVA, 2013. <http://wwwwp2.ymparisto.fi/tietoapalvelusta.html>

Päätöksentekijäin opas, Viherhoidon ABC, 2009. Kaupunkipuutarhurien Seura ry. Viherympäristöliitto ry.

Rantakari, M., Lehtonen, A., Liski, J., Tamminen, P., Heikkinen, J., Tuomi, M., Mäkipää, R., Linkosalo, T. & Ilvesniemi, H. 2011. Testing validity of soil carbon model Yasso07 against empirical data. Final Report. [<http://www.metla.fi/ghg/pdf/Yasso07-Final-report-updated.pdf>]

Repola, J., Ojansuu, R. & Kukkola, M. 2007. Biomass functions for Scots pine, Norway spruce and birch in Finland. Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 53. [<http://tinyurl.com/33ecpb4>].

Suomen Hippos ry 2013. Sähköposti / Pirje Paananen 17.10.2013

Trafi, 2013.

[http://www.tulli.fi/fi/yksityisille/autoverotus/tilastotietoa/tiedostot/uusien_henkiloautojen_CO2_tilastot_2012.pdf].

Tilastokeskus, 2013. Greenhouse Gas Emissions in Finland 1990-2011 – National Inventory Report under the UNFCCC and the Kyoto Protocol.

Tuomi, M., Rasinmäki, J., Repo, A., Vanhala, P. & Liski, J. 2011 Soil carbon model Yasso07 graphical user interface. Environmental Modelling & Software 26(11): 1358–1362.

Liite 1. Kaupunkien hiilivarastojen koot ja niiden muutokset

Taulukko 1.1. Hiilivarastojen ja niiden vuotuisen muutoksen suuruus keskimäärin raportointiluokassa. Mukana on viheraluehoitoluokkiin kuuluviksi luokitellut pinta-alat, joille lähtöaineistosta on löytynyt laskentaan tarvittavat tiedot.

Raportointiluokka	Pinta-ala, ha	Maahiilen varasto, tn C/ha	Kasvillisuuden hiilivarasto, tn C/ha	Maahiilen muutos, tn C/ha	Kasvillisuuden hiilen muutos, tn C/ha
Espoo, kaupungin	6 388	101	60	0,39	4,5
Espoo, ei kaupungin	13 121	93	49	0,28	3,5
Helsinki, kaupungin	5 644	92	54	0,28	4
Helsinki, ei kaupungin	3 327	81	45	0,2	3,1
Helsinki, ulkopuolella	4 620	110	69	0,52	5,1
Lahti, kaupungin	4 144	88	52	0,43	4
Lahti, ei kaupungin	3 877	89	37	0,18	2,5
Lahti, ulkopuolella	211	135	74	0,63	4,9
Turku, kaupungin	6 706	72	38	0,17	3,1
Turku, ei kaupungin	9 575	76	26	0,02	1,7
Turku, ulkopuolella	818	93	48	0,32	4,8
Vantaa, kaupungin	3 898	101	60	0,38	4,9
Vantaa, ei kaupungin	9 264	81	34	0,1	2,6
Vantaa, ulkopuolella	29	94	82	0,55	5,4

Taulukko 1.2. Hiilivarastojen ja niiden vuotuisen muutoksen suuruus yhteensä raportointiluokassa. Mukana on viheraluehoitoluokkiin kuuluviksi luokitellut pinta-alat, joille lähtöaineistosta on löytynyt laskentaan tarvittavat tiedot.

Raportointiluokka	Pinta-ala, ha	Maahiilen varasto, tn C	Kasvillisuuden hiilivarasto, tn C	Maahiilen muutos, tn C	Kasvillisuuden hiilen muutos, tn C
Espoo, kaupungin	6 388	642 609	380 073	2 474	28 812
Espoo, ei kaupungin	13 121	1 217 624	636 703	3 641	45 870
Helsinki, kaupungin	5 644	521 927	305 413	1 600	22 693
Helsinki, ei kaupungin	3 327	270 524	148 343	653	10 448
Helsinki, ulkopuolella	4 620	508 481	316 898	2 391	23 679
Lahti, kaupungin	4 144	363 937	215 780	1 769	16 647
Lahti, ei kaupungin	3 877	345 259	143 805	699	9 637
Lahti, ulkopuolella	211	28 516	15 587	132	1 030
Turku, kaupungin	6 706	484 819	252 476	1 146	20 628
Turku, ei kaupungin	9 575	725 342	248 617	197	16 513
Turku, ulkopuolella	818	76 386	39 644	261	3 922
Vantaa, kaupungin	3 898	392 648	233 556	1 498	19 052
Vantaa, ei kaupungin	9 264	753 306	318 416	893	24 071
Vantaa, ulkopuolella	29	2 725	2 375	16	156

Taulukko 1.3. Viheraluehoitoluokkaan C kuuluviksi luokitellut pinta-alat, joille lähtöaineistosta ei löytynyt laskentaan tarvittavia tietoja, sekä niiden osuus viheraluehoitoluokkien kokonaispinta-alasta.

Raportointiluokka	Pinta-ala, ha	Osuus viheralueista
Espoo, kaupungin	935	15
Espoo, ei kaupungin	925	10
Helsinki, kaupungin	937	20
Helsinki, ei kaupungin	905	35
Helsinki, ulkopuolella	487	10
Lahti, kaupungin	405	11
Lahti, ei kaupungin	392	17
Lahti, ulkopuolella	3	1
Turku, kaupungin	664	13
Turku, ei kaupungin	475	12
Turku, ulkopuolella	87	10
Vantaa, kaupungin	443	12
Vantaa, ei kaupungin	828	17
Vantaa, ulkopuolella	2	6
Kaikkiaan	7487	14

Liite 2. Viheralueluokittaiset hiilivarastojen koot ja niiden muutokset

Viheraluehoitoluokat: rakennetut puistot (A)

Taulukko 2.1. Viheraluehoitoluokan A varastojen koko ja muutokset raportointiluokittain ja viheraluehoitoluokittain.

Raportointiluokka	Hoito-luokka	Pinta-ala, ha	Maahiilen varasto, tn C	Kasvillisuuden hiilivarasto, tn C	Maahiilen muutos, tn C	Kasvillisuuden hiilen muutos, tn C
Espoo, ei kaupungin	A3	1 092	58 808	42 261	-260	0
Espoo, kaupungin	A2	210	9 714	6 933	-63	0
Espoo, kaupungin	A3	214	11 517	8 502	-51	0
Helsinki, ei kaupungin	A3	548	29 546	16 606	-131	0
Helsinki, kaupungin	A1	13	581	61	-4	0
Helsinki, kaupungin	A2	533	24 628	5 372	-160	0
Helsinki, kaupungin	A3	345	18 607	8 696	-82	0
Lahti, ei kaupungin	A3	668	35 999	21 096	-159	0
Lahti, kaupungin	A1	1	49	8	0	0
Lahti, kaupungin	A2	71	3 276	736	-21	0
Lahti, kaupungin	A3	119	6 422	2 944	-28	0
Lahti, ulkopuolella	A3	0	4	2	0	0
Turku, ei kaupungin	A3	792	42 650	24 186	-189	0
Turku, kaupungin	A1	2	102	10	-1	0
Turku, kaupungin	A2	58	2 697	702	-18	0
Turku, kaupungin	A3	241	12 987	5 504	-57	0
Vantaa, ei kaupungin	A3	982	52 921	32 997	-234	0
Vantaa, kaupungin	A2	141	6 525	1 918	-42	0
Vantaa, kaupungin	A3	151	8 118	4 393	-36	0

Taulukko 2.2. Viheraluehoitoluokan A varastojen koko ja muutokset raportointiluokittain ja viheraluehoitoluokittain hehtaariohtaisina lukuina. Yksikkönä varastoille hiilitonnia/ha ja muutokselle hiilikiloa/ha.

Raportointiluokka	Hoito- luokka	Pinta- ala, ha	Maahiilen varasto, tn C/ha	Kasvillisuuden hiilivarasto, tn C/ha	Maahiilen muutos, kg C/ha, v	Kasvillisuuden hiilen muutos, kg C/ha, v
Espoo, ei kaupungin	A3	1 092	54	39	-238	0
Espoo, kaupungin	A2	210	46	33	-300	0
Espoo, kaupungin	A3	214	54	40	-238	0
Helsinki, ei kaupungin	A3	548	54	30	-238	0
Helsinki, kaupungin	A1	13	44	5	-317	0
Helsinki, kaupungin	A2	533	46	10	-300	0
Helsinki, kaupungin	A3	345	54	25	-238	0
Lahti, ei kaupungin	A3	668	54	32	-238	0
Lahti, kaupungin	A1	1	44	7	-317	0
Lahti, kaupungin	A2	71	46	10	-300	0
Lahti, kaupungin	A3	119	54	25	-238	0
Lahti, ulkopuolella	A3	0	54	21	-238	0
Turku, ei kaupungin	A3	792	54	31	-238	0
Turku, kaupungin	A1	2	44	4	-317	0
Turku, kaupungin	A2	58	46	12	-300	0
Turku, kaupungin	A3	241	54	23	-238	0
Vantaa, ei kaupungin	A3	982	54	34	-238	0
Vantaa, kaupungin	A2	141	46	14	-300	0
Vantaa, kaupungin	A3	151	54	29	-238	0

Viheraluehoitoluokat: avoimet alueet (B)

Taulukko 2.3. Viheraluehoitoluokan B varastojen koko ja muutokset raportointi-
luokittain ja viheraluehoitoluokittain. Yksikkö hiilitonni.

Raportointiluokka	Hoito- luokka	Pinta-ala	Maahiilen varasto	Kasvillisuuden hiilivarasto	Maahiilen muutos	Kasvillisuuden hiilen muutos
Espoo, ei kaupungin	avosuot	92	48 780	0	0	0
Espoo, ei kaupungin	B1	2 777	169 350	0	-488	0
Espoo, ei kaupungin	B3	408	20 228	10 784	-111	0
Espoo, ei kaupungin	B4	140	7 357	4 352	-35	0
Espoo, ei kaupungin	B5	180	8 955	6 497	-49	0
	turve- tuotanto	1	704	0	-1	0
Espoo, kaupungin	B1	266	16 231	0	-47	0
Espoo, kaupungin	B2	257	12 751	6 298	-70	0
Helsinki, ei kaupungin	avosuot	8	4 200	0	0	0
Helsinki, ei kaupungin	B1	615	41 002	0	-84	0
Helsinki, ei kaupungin	B3	115	5 716	1 525	-31	0
Helsinki, ei kaupungin	B4	128	6 732	2 489	-32	0
Helsinki, ei kaupungin	B5	205	10 199	4 723	-56	0
Helsinki, kaupungin	B1	522	34 846	0	-72	0
Helsinki, kaupungin	B2	432	21 455	7 364	-118	0
Lahti, ei kaupungin	avosuot	12	6 524	0	0	0
Lahti, ei kaupungin	B1	1 194	71 564	0	-214	0
Lahti, ei kaupungin	B3	42	2 103	961	-12	0
Lahti, ei kaupungin	B4	49	2 564	1 181	-12	0
Lahti, ei kaupungin	B5	2	117	51	-1	0
Lahti, kaupungin	B1	558	33 416	0	-100	0
Lahti, kaupungin	B2	49	2 442	739	-13	0
Lahti, kaupungin	B3	41	2 027	963	-11	0
Lahti, kaupungin	B4	7	378	191	-2	0
Lahti, kaupungin	B5	4	201	196	-1	0
Turku, ei kaupungin	avosuot	78	41 809	0	0	0
Turku, ei kaupungin	B1	4 350	251 236	0	-854	0
Turku, ei kaupungin	B3	193	9 588	2 849	-53	0
Turku, ei kaupungin	B4	352	18 463	6 552	-88	0
Turku, ei kaupungin	B5	220	10 908	5 568	-60	0
Turku, kaupungin	B1	1 520	87 764	0	-298	0
Turku, kaupungin	B2	10	490	123	-3	0
Turku, kaupungin	B3	51	2 547	529	-14	0
Turku, kaupungin	B4	481	25 209	8 329	-120	0
Turku, ulkopuolella	B1	29	1 702	0	-6	0
Turku, ulkopuolella	B3	0	2	2	0	0
Turku, ulkopuolella	B4	1	31	18	0	0
Vantaa, ei kaupungin	avosuot	29	15 628	0	0	0
Vantaa, ei kaupungin	B1	3 703	218 499	0	-714	0
Vantaa, ei kaupungin	B3	277	13 738	5 155	-75	0
Vantaa, ei kaupungin	B4	102	5 370	2 610	-26	0
Vantaa, ei kaupungin	B5	55	2 738	1 781	-15	0
Vantaa, kaupungin	B1	183	10 793	0	-35	0
Vantaa, kaupungin	B2	222	11 033	4 213	-60	0

Taulukko 2.4. Viheraluehoitoluokan B varastojen koko ja muutokset raportointi-
luokittain ja viheraluehoitoluokittain hehtaarikohtaisina lukuina.

Raportointiluokka	Hoito- luokka	Pinta- ala, ha	Maahiilen varasto, tn C/ha	Kasvillisuuden hiilivarasto, tn C/ha	Maahiilen muutos, kg C/ha, v	Kasvillisuuden hiilen muutos, kg C/ha, v
Espoo, ei kaupungin	avosuot	92	533	0	0	0
Espoo, ei kaupungin	B1	2 777	61	0	-176	0
Espoo, ei kaupungin	B3	408	50	26	-272	0
Espoo, ei kaupungin	B4	140	52	31	-249	0
Espoo, ei kaupungin	B5	180	50	36	-272	0
	turve- tuotanto	1	533	0	-498	0
Espoo, kaupungin	B1	266	61	0	-176	0
Espoo, kaupungin	B2	257	50	25	-272	0
Helsinki, ei kaupungin	avosuot	8	533	0	0	0
Helsinki, ei kaupungin	B1	615	67	0	-137	0
Helsinki, ei kaupungin	B3	115	50	13	-272	0
Helsinki, ei kaupungin	B4	128	52	19	-249	0
Helsinki, ei kaupungin	B5	205	50	23	-272	0
Helsinki, kaupungin	B1	522	67	0	-137	0
Helsinki, kaupungin	B2	432	50	17	-272	0
Lahti, ei kaupungin	avosuot	12	533	0	0	0
Lahti, ei kaupungin	B1	1 194	60	0	-179	0
Lahti, ei kaupungin	B3	42	50	23	-272	0
Lahti, ei kaupungin	B4	49	52	24	-249	0
Lahti, ei kaupungin	B5	2	50	22	-272	0
Lahti, kaupungin	B1	558	60	0	-179	0
Lahti, kaupungin	B2	49	50	15	-272	0
Lahti, kaupungin	B3	41	50	24	-272	0
Lahti, kaupungin	B4	7	52	27	-249	0
Lahti, kaupungin	B5	4	50	49	-272	0
Turku, ei kaupungin	avosuot	78	533	0	0	0
Turku, ei kaupungin	B1	4 350	58	0	-196	0
Turku, ei kaupungin	B3	193	50	15	-272	0
Turku, ei kaupungin	B4	352	52	19	-249	0
Turku, ei kaupungin	B5	220	50	25	-272	0
Turku, kaupungin	B1	1 520	58	0	-196	0
Turku, kaupungin	B2	10	50	12	-272	0
Turku, kaupungin	B3	51	50	10	-272	0
Turku, kaupungin	B4	481	52	17	-249	0
Turku, ulkopuolella	B1	29	58	0	-196	0
Turku, ulkopuolella	B3	0	50	59	-272	0
Turku, ulkopuolella	B4	1	52	30	-249	0
Vantaa, ei kaupungin	avosuot	29	533	0	0	0
Vantaa, ei kaupungin	B1	3 703	59	0	-193	0
Vantaa, ei kaupungin	B3	277	50	19	-272	0
Vantaa, ei kaupungin	B4	102	52	25	-249	0
Vantaa, ei kaupungin	B5	55	50	32	-272	0
Vantaa, kaupungin	B1	183	59	0	-193	0
Vantaa, kaupungin	B2	222	50	19	-272	0

Viheraluehoitoluokka: metsät (C)

Taulukko 2.5. Viheraluehoitoluokan C varastojen koko ja muutokset raportointiluokittain ja viheraluehoitoluokittain.

Raportointiluokka	Hoito- luokka	Pinta- ala, ha	Maahiilen varasto, tn C	Kasvillisuuden hiilivarasto, tn C	Maahiilen muutos, tn C/v	Kasvillisuuden hiilen muutos, tn/C, v
Espoo, ei kaupungin	C2	8 432	903 441	572 808	4 585	45 870
Espoo, kaupungin	C1	0	14	10	0	1
Espoo, kaupungin	C2	3 466	366 757	220 390	1 726	19 204
Espoo, kaupungin	C4	1 975	225 627	137 939	979	9 607
Helsinki, ei kaupungin	C2	1 707	173 127	123 001	988	10 448
Helsinki, kaupungin	C1	1 338	127 504	88 048	719	8 358
Helsinki, kaupungin	C2	2 324	281 114	187 485	1 249	13 500
Helsinki, kaupungin	C3	90	9 342	5 414	41	549
Helsinki, kaupungin	C4	47	3 849	2 973	27	286
Helsinki, ulkopuolella	C2	4 621	508 481	316 899	2 391	23 679
Lahti, ei kaupungin	C2	1 909	226 388	120 516	1 096	9 637
Lahti, kaupungin	C1	196	15 443	10 444	94	1 047
Lahti, kaupungin	C2	2 713	266 798	178 398	1 672	13 631
Lahti, kaupungin	C3	311	27 091	17 405	160	1 635
Lahti, kaupungin	C5	73	6 394	3 756	20	335
Lahti, ulkopuolella	C2	211	28 511	15 585	132	1 030
Turku, ei kaupungin	C2	3 590	350 689	209 462	1 439	16 513
Turku, kaupungin	C1	23	1 494	788	4	114
Turku, kaupungin	C2	4 140	338 725	228 388	1 598	19 643
Turku, kaupungin	C3	169	12 054	7 561	52	824
Turku, kaupungin	C4	11	749	540	3	48
Turku, ulkopuolella	C2	786	74 512	39 497	266	3 913
Turku, ulkopuolella	C5	2	138	127	1	9
Vantaa, ei kaupungin	C2	4 115	444 413	275 873	1 956	24 071
Vantaa, kaupungin	C1	185	15 034	11 016	97	1 147
Vantaa, kaupungin	C2	2 827	318 400	201 154	1 478	16 726
Vantaa, kaupungin	C3	142	17 264	7 543	68	887
Vantaa, kaupungin	C4	48	5 479	3 319	29	291
Vantaa, ulkopuolella	C2	29	2 725	2 375	16	156

Taulukko 2.6. Viheraluehoitoluokan C varastojen koko ja muutokset raportointiluokittain ja viheraluehoitoluokittain.

Raportointiluokka	Hoito- luokka	Pinta- ala, ha	Maahiilen varasto, tn C/ha	Kasvillisuuden hiilivarasto, tn C/ha	Maahiilen muutos, kg C/ha,v	Kasvillisuuden hiilen muutos, kg C/ha, v
Espoo, ei kaupungin	C2	8 432	107	68	544	5 440
Espoo, kaupungin	C1	0	87	63	877	7 539
Espoo, kaupungin	C2	3 466	106	64	498	5 541
Espoo, kaupungin	C4	1 975	114	70	496	4 864
Helsinki, ei kaupungin	C2	1 707	101	72	578	6 120
Helsinki, kaupungin	C1	1 338	95	66	537	6 245
Helsinki, kaupungin	C2	2 324	121	81	538	5 809
Helsinki, kaupungin	C3	90	104	60	456	6 133
Helsinki, kaupungin	C4	47	83	64	579	6 150
Helsinki, ulkopuolella	C2	4 621	110	69	518	5 125
Lahti, ei kaupungin	C2	1 909	119	63	574	5 049
Lahti, kaupungin	C1	196	79	53	482	5 339
Lahti, kaupungin	C2	2 713	98	66	616	5 023
Lahti, kaupungin	C3	311	87	56	514	5 255
Lahti, kaupungin	C5	73	87	51	274	4 565
Lahti, ulkopuolella	C2	211	135	74	626	4 894
Turku, ei kaupungin	C2	3 590	98	58	401	4 600
Turku, kaupungin	C1	23	64	34	166	4 895
Turku, kaupungin	C2	4 140	82	55	386	4 744
Turku, kaupungin	C3	169	71	45	308	4 882
Turku, kaupungin	C4	11	69	50	284	4 457
Turku, ulkopuolella	C2	786	95	50	338	4 980
Turku, ulkopuolella	C5	2	63	58	580	4 002
Vantaa, ei kaupungin	C2	4 115	108	67	475	5 849
Vantaa, kaupungin	C1	185	81	60	523	6 198
Vantaa, kaupungin	C2	2 827	113	71	523	5 917
Vantaa, kaupungin	C3	142	122	53	478	6 267
Vantaa, kaupungin	C4	48	115	70	608	6 099
Vantaa, ulkopuolella	C2	29	94	82	551	5 384

KUVAILULEHTI / PRESENTATIONSBLAD / DOCUMENTATION PAGE

Julkaisija Utgivare Publisher	Helsingin kaupungin ympäristökeskus Helsingfors stads miljöcentral City of Helsinki Environment Centre	Julkaisuaika/Utgivningstid/ Publication time Kesäkuu 2014/Juni 2014/June 2014
Tekijä(t)/Författare/Author(s)	Rasinmäki Jussi (Simosol Oy) ja Känkänen Riina (Ramboll Finland Oy)	
Julkaisun nimi Publikationens titel Title of publication	Kuntien hiilitasekartoitus osa 1: Helsingin, Lahden, Turun, Vantaan ja Espoon maankäyttösektorin kasvihuonekaasupäästöt, hiilinielut ja hiilivarastot Kartering av kommunernas kolbalans del 1: Växthusgasutsläpp, kolsänkor och kolreservoarer inom markanvändningssektorn i Helsingfors, Lahtis, Åbo, Vanda och Esbo Carbon balance review of municipalities part 1: Greenhouse gas emissions, carbon sinks and carbon storages of land-use sector in Helsinki, Lahti, Turku, Vantaa and Espoo	
Sarja Serie Series	Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja Helsingfors stads miljöcentrals publikationer Publications by City of Helsinki Environment Centre	Numero/Nummer/No. 9/2014
ISSN	ISBN 978-952-272-718-3	ISBN (PDF) 978-952-272-719-0
Kieli Språk Language	Koko teos / Hela verket / The work in full Yhteenveto/Sammandrag/Summary Taulukot/Tabeller/Tables Kuvatestit/Bildtexter/Captions	fin fin, eng fin fin
Asiasanat Nyckelord Keywords	ilmastonmuutos, hillintä, hiilinielut, kasvihuonekaasut klimatförändring, begränsning, kolsänkor, växthusgaser climate change, mitigation, carbon sinks, greenhouse gases	
Lisätietoja Närmare upplysningar Further information	Jari Viinanen, puh./tel. (09) 310 31519 Sähköposti/e-post/e-mail: jari.viinanen@hel.fi	
Tilaukset Beställningar Distribution	Helsingin kaupungin ympäristökeskus, Asiakaspalvelu PL 500, 00099 Helsingin kaupunki Helsingfors stads miljöcentral, Kundtjänst PB 500, 00099 Helsingfors stad City of Helsinki Environment Centre, Customer Service P.O. Box 500, FIN-00099 CITY OF HELSINKI Puh./tel. +358-9-310 1635 Sähköposti/e-post/e-mail: ymk@hel.fi	

Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 2013

1. Hämäläinen, A. Jäähdytettyjen ruokien hygieeninen laatu 2012
2. Öjst, H. Sushin mikrobiologinen laatu vuonna 2012
3. Saarijärvi, P., Riska, T., Mäkelä, H.-K., Laine, S. Voileipätyytteiden mikrobiologinen laatu Helsingissä 2011
4. Summanen, E. Ympäristönsuojelumääräysten noudattaminen rakennustyömailla Helsingin kaupungin alueella
5. Borgström, O. Myymälöiden palvelumyynnissä olevien sellaisenaan syötävien elintarvikkeiden mikrobiologinen laatu Helsingissä vuosina 2010 ja 2011
6. Kupiainen, K., Ritola, R. Nastarengas ja hengitettävä pöly. Katsaus tutkimuskirjallisuuteen.
7. Männikkö, J. - P., Salmi, J. Ympäristövyöhyke Helsingissä ja eräissä Euroopan kaupungeissa vuonna 2012
8. Vahtera, E., Hällfors, H., Muurinen J., Pääkkönen J.-P., Räsänen, M. Helsingin ja Espoon merialueen tila vuonna 2012. Jätevesien vaikutusten velvoitetarkkailu
9. Meriläinen, M.-K. Ravintoloiden riisin ja lihan hygieeninen laatu Helsingissä 2011
10. Pakarinen, R. Helsinkiläisten kattolokit ja valkoposkihanhet
11. Harjuntausta, A., Kinnunen, R., Koskenpato, K., Lehikoinen, P., Leppänen, M., Nousiainen, I. Valkoposkihanhasta aiheutuvien haittojen lieventäminen
12. Espoon seudun ympäristöterveys, Helsingin kaupungin ympäristökeskus, Keski-Uudenmaan ympäristökeskus, Vantaan ympäristökeskus ja MetropoliLab Oy. Elintarvikehuoneistoissa käytettävän jään hygieeninen laatu pääkaupunkiseudulla vuonna 2012
13. Pynnönen, P. Vanhankaupunginlahden sudenkorentoselvitys 2012
14. Mattero, E. Selvitys Helsingin kaupungin ympäristöpolitiikan toimeenpanosta
15. Salminen, P. Helsingin, Lahden ja Turun kaupunkien vertaisarvio ilmastopolitiikasta ja hulevesien hallinnasta
16. Natural Interest Oy. Palmian catering-palvelujen hiilijalanjälki
17. Pellikka, K. Helsingin lähteet
18. Pahkala, E., Viiru, J. Pizzatäytteiden hygieeninen laatu Helsingissä 2012–2013
19. Mattila, J., Rastas, T. Yleisten uimarantojen hygieniä, uimavesiluokitus ja kuluttajaturvallisuus Helsingissä vuonna 2013
20. Mikkola-Roos, M., Rusanen, P., Haapanen E., Lehikoinen A., Pynnönen P., Sarvanne, H. Helsingin Vanhankaupunginlahden linnustonseuranta 2012. Vuosien 2000–2012 yhteenveto
21. Pitkänen, E., Haahla A., Määttä A., Kokkonen J., Kontkanen, O. Helsingin kaupungin meluntorjunnan toimintasuunnitelman tarkistus 2013

Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 2014

1. Reko, T. Tapahtuman hiilijalanjäljen laskennan rajausta
2. Airola, J. Helsingin I-luokan pohjavesialueiden vedenlaatu 2008
3. Pahkala, E., Rautio, M. Vihersalaattien ja raasteiden hygieeninen laatu Helsingissä 2010 ja 2013
4. Torniainen, H.-M. Siirtoasiakirjamenettelyn toimivuus käytännössä. Selvitys jätelain 121 §:n mukaisen siirtoasiakirjan käytöstä
5. Helminen, J., Vahtera, E. Töölönlahden kunnostushanke. Töölönlahden nykytila ja meriveden juoksutuksen vaikutus ensimmäisten seitsemän vuoden aikana
6. Vahtera, E., Muurinen, J., Räsänen, M., Pääkkönen, J.-P. Helsingin ja Espoon merialueen tila vuonna 2013. Jätevesien vaikutusten velvoitetarkkailu.
7. Ryynänen, E., Oja, L., Vehviläinen, I., Pietiläinen O.-P., Antikainen, R., Tainio, P. Helsingin 30 % päästövähennysselvitys. Kasvihuonekaasupäästöjen kehitys ja vähentämisen kustannustehokkaat toimenpiteet.
8. Inkiläinen, E., Tiihonen, T., Eitsi, E. Viherkerroinmenetelmän kehittäminen Helsingin kaupungille.
9. Rasinmäki, J., Känkänen, R. Kuntien hiilitasekartoitusta osa 1. Helsingin, Lahden, Turun, Vantaan ja Espoon maankäyttösektorin kasvihuonekaasupäästöt, hiilinielut ja hiilivarastot.