

Helsingin viheralueiden luonnolliset hiilinielut

Laskentamenetelmä

Ilmastoyksikön menetelmiä 1/2024

Saima Könönen
Susanna Eräranta

Helsinki

Helsinki

**Helsingin viheralueiden luonnolliset hiilinielut:
laskentamenetelmä.**

Ilmastoyksikön menetelmiä 1/2024

Julkaisuvuosi: 2024

**Taitto: Susa Eräranta
Kannen kuva: Saima Könönen**

Sisällys

ESIPUHE	5
1 TYÖN TAUSTA ja TAVOITTEET	6
1.1 Työn tavoite.....	6
1.2 Laskenta lyhyesti.....	6
1.3 Työn rajaukset.....	7
1.4 Työn rakenne.....	7
1.5 Tulokset lyhyesti.....	7
2 MENETELMÄKUVAUS	9
2.1 Laskentamalli.....	9
2.2 Ohjelmistotarpeet.....	9
3 KÄYTETTÄVÄT AINEISTOT	10
3.1 Käytettävät aineistot.....	10
3.2 Aluetyyppiluokitus.....	11
3.3 QGIS.....	11
3.4 Alustavien tasojen luonti QGIS:issä.....	11
4 METSIEN HIILINIELU	13
4.1 Tulosityhteenvedo.....	13
4.2 Yleistä metsistä.....	13
4.3 Pinta-ala- ja tilavuustiedot.....	13
4.4 Hiilikertoimet.....	19
4.5 Laskenta.....	20
4.6 Oletukset, epävarmuudet ja tarkennukset.....	22
5 PELTOJEN HIILINIELU	24
5.1 Tulosityhteenvedo.....	24
5.2 Pinta-ala- ja viljelykasvitiedot.....	24
5.3 Hiilikertoimet.....	25
5.4 Laskenta.....	25
5.5 Oletukset, epävarmuudet ja tarkennukset.....	26

6 NIITTYJEN HIILINIELU	27
6.1 Tulosityhteenveto.....	27
6.2 Pinta-aratiedot.....	27
6.3 Hiilikertoimet.....	27
6.4 Laskenta.....	27
6.5 Oletukset, epävarmuudet ja tarkennukset.....	28
7 PUISTOJEN HIILINIELU	29
7.1 Tulosityhteenveto.....	29
7.2 Pinta-ala- ja tilavuustiedot.....	29
7.3 Hiilikertoimet.....	29
7.4 Laskenta.....	30
7.5 Oletukset, epävarmuudet ja tarkennukset.....	30
8 MAAPERÄN HIILINIELU	32
8.1 Tulosityhteenveto.....	32
8.2 Pinta-aratiedot.....	32
8.3 Hiilikertoimet.....	32
8.4 Laskenta.....	32
8.5 Oletukset, epävarmuudet ja tarkennukset.....	32
9 YHTEENVETO	33
Lähteet	35
Liite 1: Käsitteet	36
Liite 2: Aineistot	37
Liite 3: Ohjelmat	38
Liite 4: Usein kysytyt kysymykset (sisäinen liite)	39
Liite 5: Yhteyshenkilöt (sisäinen liite)	40

Esipuhe

Helsingin kaupunki tavoittelee [1] hiilineutraaliutta vuoteen 2030 mennessä, hiilinollaa vuoteen 2040 mennessä ja tämän jälkeen hiilinegatiivisuutta. Kun vuoteen 2030 asetettu hiilineutraaliustavoite tarkoittaa, että kaupungin CO₂-päästöjä on vähennettävä 80 % vuoden 1990 tasoon verrattuna ja loput 20 % on mahdollista kompensoida kaupungin rajojen ulkopuolella, jo hiilinollaan siirtyminen vaatii, että kaupungin tuottamien ja sitomien CO₂-päästöjen tulee olla tasapainossa kaupungin rajojen sisäpuolella. Hiilinegatiivisuus puolestaan tarkoittaa, että kaupungin rajojen sisällä syntyvien päästöjen tulee olla pienempiä kuin sen kyky sitoa hiiltä maantieteellisten rajojensa sisällä. Näin ollen kaupungin alueella olevien hiilinielujen määrä asettaa päästöille tason, joka tulee alittaa. Mitä pienemmäksi hiilinielut kutistuvat, sitä enemmän päästöjä on leikattava.

Kaupunkistrategiassa on linjattu, että kiristyvien ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi tehdään skenaariotarkastelua, jossa kartoitetaan mahdollisia polkuja asetettujen tavoitteiden saavuttamiseksi [1]. Kun aikaa ja resursseja on käytössä rajallisesti, on tärkeää varmistaa, että ne pystytään ohjaamaan niihin vaikuttavimpiin tekoihin, joilla asetettuihin tavoitteisiin päästään. Tarvittavien tekojen konkretisoimiseksi tarvitaan myös suuntaa antava ymmärrys kaupunkitason hiilinieluista.

Tämän raportin tavoitteena oli kehittää avoin, toistettava ja vertailukelpoinen menetelmä kaupunkitason hiilinielujen laskentaan ja seurantaan ilmastojohtamisen tueksi. Laskentamalli tuottaa suuntaa antavan kokonaisarvion hiilinielujen mittaluokista aluetyypeittäin ja mahdollistaa tarvittaessa myös tätä tarkemman vertailtavuuden. Laskentamallin periaatteet ja oletukset on systemaattisesti ja avoimesti raportoitu mahdollistaen helpon päivitettävyyden, jatkotarkastelut ja -kehityksen myös kaupungin ulkopuolisille toimijoille. Laskentamallin kehittämisestä vastasi Saima Könönen.

Erityiskiitos Tiina Saukkoselle, joka on kirjoittanut metsänhoitoon liittyviä osioita ja tuonut asiantuntemustaan aiempiin menetelmiin sekä nyt hyödynnettyihin oletuksiin ja aineistoihin liittyen. Lisäksi suurkiitos asiantuntemuksesta ja työn ohjaamisesta Helsingin yliopiston Markku Ollikaiselle, Lassi Ahlvikille ja Sanna Lötjöselle sekä Ilmatieteen laitoksen Liisa Kulmalalle.

Haluamme kiittää myös kaikkia työhön osallistuneita asiantuntijoita, kuten Sanna Elijokea, Juha Niemelää, Jyrki Ulvilaa, Markus Holsteinia, Hanna Seitapuroa, Tuuli Ylikotilaa, Päivi Islanderia, Vesa Koskikalliota ja Elisa Hanhiovaa.

Saatavilla olevan tiedon eri-ikäisyyden takia seurantalaskentaa ei ole tarkoituksenmukaista tehdä vuosittain ennen laskennan vaatiman tietopohjan kehittämistä. Työn pohjalta on jo havaittu rajoitteita tietopohjassa esimerkiksi metsien ja puistopuiden osalta sekä tarkennustarpeita käytettyjen hiilidioksidikertoimien osalta. Laskentamalli vaatii jatkokehitystä ja tarkentamista erityisesti maaperän hiilinielun osalta. Jo nykyinen tarkastelu antaa kuitenkin viitteitä sekä luonnollisten että teknologisten hiilinielujen lisäämisen tarpeesta, yhdessä päästöjen vähentämisen kanssa, jotta asetetut tavoitteet on mahdollista saavuttaa ajallaan. Lisäksi laskennan pohjalta on tunnistettu tarve standardoidun kaupunkitason laskentamenetelmän kehittämiseksi, sillä hiilinielut vaikuttavat oleellisesti kaupunkitason pitkän aikavälin ilmastotavoitteiden saavuttamiseen, jolloin niitä koskevan laskennan on oltava mahdollisimman perusteltua

Helsingissä 12.1.2024,

Susa Eräranta ja Saima Könönen

1 Työn tausta ja tavoitteet

1.1 Työn tavoite

Helsingin kaupunki tavoittelee hiilineutraaliutta vuoteen 2030 mennessä, hiilinollaa vuoteen 2040 mennessä ja tämän jälkeen hiilinegatiivisuutta [1]. Kun vuoteen 2030 asetettu hiilineutraaliustavoite tarkoitetaan, että kaupungin CO₂-päästöjä on vähennettävä 80 % vuoden 1990 tasoon verrattuna ja loput 20 % on mahdollista kompensoida kaupungin rajojen ulkopuolella, jo hiilinollaan siirryttäessä tavoitelogiikka muuttuu kiinteästi määritellystä päästövähennystavoitteesta suhteelliseksi, jossa päästövähennystarve riippuu kaupungin rajojen sisäpuolisten hiilinielujen määrästä. Hiilinollatavoite tarkoittaa, että kaupungin tuottamien ja sitomien CO₂-päästöjen tulee olla tasapainossa kaupungin rajojen sisäpuolella. Hiilinegatiivisuus tarkoittaa, että kaupungin rajojen sisällä syntyvien päästöjen tulee olla pienempiä kuin sen kyky sitoa hiiltä maantieteellisten rajojensa sisällä. Näin ollen kaupungin alueella olevien hiilinielujen määrä asettaa päästöille tason, joka tulee alittaa. Mitä pienemmäksi hiilinielut kutistuvat, sitä enemmän päästöjä on leikattava.

Kun aikaa ja resursseja on käytössä rajallisesti, on tärkeää varmistaa, että ne pystytään ohjaamaan niihin vaikuttavimpiin hiilinielu- ja päästövähennystekoihin, joilla asetettuihin tavoitteisiin päästään. Hiilinielujen strategisesta merkittävydestä huolimatta niiden kaupunkitasoinen laskenta on toistaiseksi ollut vakiintumatonta vaikeuttaen myös niiden kehittymisen seuranta. Tarvitaankin systemaattinen, perusteltu, vertailukelpoinen ja seurattava menetelmä hiilinielujen laskentaan ja seurantaan. Tämän työn tavoitteena oli kehittää avoin, toistettava ja vertailukelpoinen menetelmä kaupunkitason hiilinielujen laskentaan ja seurantaan ilmastojohtamisen tueksi.

1.2 Laskenta lyhyesti

Kehitetty laskentamenetelmä perustuu aluetyypipikohtaisten pinta-alatietojen mahdollisimman tarkkaan ja paikallisiin aineistoihin perustuvaan määrittelyyn ja viimeaikaisimpaan tutkimustietoon perustuvien keskiarvoisten aluekohtaisten hiilitasapainoa ilmaisevien kerrointen käyttöön. Käytettävissä olevaa aineistoa on tarkennettu aina kun se on ollut mahdollista, painottaen kuitenkin samalla aineiston luotettavuutta. Esimerkiksi metsien laskennassa tarkkuutta on lisätty ikä- ja puulajiluokittain eroteltua tietoa hyödyntämällä, jotta hiilinielujen mittaluokasta on saatu mahdollisimman oikeellinen kuva metsien hiilensidontapotentiaalin muuttuessa esimerkiksi iän ja lajiston mukaan.

Menetelmässä on hyödynnetty aiempiin selvityksiin [2, 3, 4] verrattuna tarkempia lähtötietoja ja oletuksia aina, kun se on ollut mahdollista. Kaikkien tietojen ja oletusten pohjalta tarkennettua tietoa ei ole ollut saatavilla, jolloin on edetty aiemmissa raporteissa käytetyillä oletuksilla (esim. maaperä, puistopuut). Työssä käytetyt tarkennukset, epävarmuudet ja oletukset on raportoitu avoimesti osana laskentamenetelmää. Lisäksi on kirjattu muistiin tarve tunnistetuista jatkotarkentamismahdollisuuksista mittakaavallisine merkittävyksineen.

Laskennan tarkempi kuvaus esitellään seuraavissa luvuissa. Yksinkertaistaen hiilinielulaskenta on tehty kaavalla:

Hiilinielu =
metsien kokonaistilavuus * metsien hiilikerroin
+ metsämaaperän hiilinielu
+ peltojen pinta-ala * peltojen hiilikerroin
+ niittyjen pinta-ala * niittyjen hiilikerroin
+ puistojen pinta-ala * puistojen hiilikerroin

1.3 Työn rajaukset

Vesialueet, piha-alueet ja kadunvarsipuut on rajattu laskennan ulkopuolelle. Vesialueet on rajattu työstä pois siksi, että niitä ei nykyisellään huomioida EU:n LULUCF maankäyttösektorin päästölaskennassa. Piha-alueiden ja katupuiden osalta puolestaan ei ole toistaiseksi saatavilla riittävän systemaattista tietoa pinta-alan, tilavuuden ja/tai kasvillisuuden osalta riittävän luotettavan suuntaa antavan hiilinielun laskemiseksi.

Työssä ei ole myöskään huomioitu luonnollisten lisäksi muita hiilinieluja (esim. teknologiset, rakentaminen, biohiili). Niiden määrä ei kuitenkaan toistaiseksi ole merkittävä. Kun datan saatavuus ja luotettavuus edellä mainittujen rajausten osalta paranee tai muiden kuin luonnollisten nielujen määrä kaupungissa kasvaa, myös nämä on mahdollista lisätä laskentamalliin. Nykytiedon valossa vesistöt kuitenkin toimivat useamminkin päästölähteinä kuin -nieluinä, eikä niitä huomioida myöskään inventaariolaskennassa.

Menetelmä perustuu hiilensidonnan keskiarvotiedoille eri viheraluetyypeittäin. Keskiarvotiedot perustuvat viimeaikaiseen tutkimukseen ja ne on käyty läpi alaan perehtyneiden tutkijoiden kanssa. Kertoimissa on epävarmuutta etenkin täsmällisten kasvuolosuhdeiden osalta.

1.4 Työn rakenne

Työn seuraavassa luvussa esitellään pääperiaatteet menetelmästä laskentaperiaatteineen, ohjelmistotarpeineen sekä yleisine oletuksineen. Kolmannessa luvussa esitellään vaiheet laskennassa tarvittavan paikkatietoaineiston esivalmisteluun. Luvuissa 4–8 käydään läpi itse laskenta aluetyypeittäin erikseen metsille, pelloille, niityille, puistoille ja maaperälle, jotta jokainen näistä on tarvittaessa päivitettävissä myös itsenäisesti. Lopuksi työn keskeisimmät tulokset ja jatkokehittämistarpeet vedetään yhteen.

1.5 Tulokset lyhyesti

Tässä selvityksessä on laskettu Helsingin kaupungin rajojen sisäisten viheralueiden hiilinielut poisluettuna piha-alueet. Työn tuloksena on laskentamenetelmän yksityiskohtainen kuvaus ja sen tulokset uusimpia ja mahdollisimman paikallisesti relevantteja aineistoja käyttäen. Hiilensidonta tarkoittaa kasvien kasvussaan sitomaa hiiltä, joka taas vapautuu takaisin ilmakehään kasvien kuolleiden osien kompostoitumisen myötä. Kaikki viheralueet paitsi pellot Helsingissä ovat hiilen nettoinieluja, mikä ilmaistaan laskennassa negatiivisina lukuina. Jos alue on päästölähde, se ilmaistaan positiivisena lukuna. Laskennassa huomioitujen viheralueiden jaoteltu metsiin, peltoihin, niittyihin ja puistoihin. Lisäksi laskennassa on huomioitu erikseen metsäalueiden maaperän hiilinielu saatavilla oletuksia hyödyntäen.

Laskennan pohjalta kokonaisnettonielu vuoden 2022 tilanteessa saatavilla olevan tiedon pohjalta oli 73,3 kt CO₂/v (taulukko 1). Tämä on 3 % vuoden 2022 kokonaispäästöistä (scope 1 ja 2) ja 10 % vuoden 2030 hiilineutraaliustavoitteen jälkeen jäljelle jäävistä päästöistä. Metsät muodostavat hiilinieluista jopa 97 % muiden alueiden nielujen ollessa huomattavasti pienempiä (niityt 1 %, puistot 2 %, pellot toimivat päästölähteenä).

Kokonaishiilinielusta metsien osuus on sekä pinta-alallisesti että hiilinielupotentiaaliltaan suurin: -71,1 kt CO₂/v. Metsien hiilitaseen laskenta on myös näistä alueluokituksista tarkin. Metsien puuston ikäjakauma ja puulajisuhteet on otettu huomioon tilavuuden arvioinnissa ja puulajisuhteet lisäksi laskennassa käytetyissä hiilikertoimissa.

Toiseksi suurin hiilinielu on puistoalueilla, joiden nettoinielu on -1,4 kt CO₂/v. Puistoissa puut vaikuttavat alueen hiilensidontaan merkittävästi, mutta niiden hiilinielun tarkka kartoitus ei ole mahdollista nyt käytettävissä olevalla datalla. Tulos puistojen osalta saattaa muuttua tarkempien selvitysten myötä, muttei mittakaavaltaan merkitykselliseksi. Niittyjen nettoinielu on -1,0 kt CO₂/v, joka on laskettu keskiarvoisen kertoimen avulla. Peltujen nettoinielu on positiivinen, eli toimii päästölähteenä, +0,1 kt CO₂/v. Laskennassa huomioitiin sekä viljelykasvi että maaperälaji.

Taulukko 1. Tulosten yhteenveto.

	Metsät	Pellot	Niityt	Puistot	Yht.
Pinta-ala	6 361 ha	695 ha	929 ha	923 ha	8 908 ha
% pinta-alasta	72 %	8 %	10 %	10 %	
Hiilinielu/ nettonielu	-71 088 t CO ₂ /v	131 t CO ₂ /v	-994 t CO ₂ /v	-1 374 t CO ₂ /v	-73 325 t CO ₂ /v
% nettonielusta	97 %	-0,2 %	1 %	2 %	100 %
Nettonielu hehtaarilla	-11,2 t CO ₂ / ha	0,2 t CO ₂ / ha	-1,1 t CO ₂ / ha	-1,5 t CO ₂ /ha	-8,2 t CO ₂ /ha

Tulokset poikkeavat jonkin verran aiemmista laskennoista. Aiemmat laskennat [2, 3, 4] ovat olleet kertaluonteisia, eivätkä keskenään vertailukelpoisia. Erojen syyt ovat osin menetelmällisiä ja osin laskennassa käytetyn datan paikalliseen tarkkuuteen liittyviä. Nyt kehitetyn laskentamenetelmän pohjalta metsien hiilinielu on aiempia laskentoja pienempi. Tulos on johdonmukainen, sillä paikallisesti tarkennetun aineiston pohjalta metsien kokonaispinta-ala on jonkin verran aiemmin arvioitua pienempi ja metsäalue on pienentynyt rakentamisen johdosta jonkin verran vuosien aikana. Lisäksi eroja selittää erot käytetyissä hiilikertoimissa, jotka tässä laskennassa perustuvat viimeisimpään puulajikohtaiseen tutkimustietoon. HSY:n raportissa metsäalaa löytyi noin 8000 hehtaaria, joka on noin 1600 hehtaaria enemmän kuin tässä raportissa johtuen eroista ei-metsäisten alueiden suodattamisessa. Rakennusviraston raportin esiselvitykseen verrattaessa erot puolestaan selittyvät sillä, että se eroaa rajaukseltaan nyt asetetusta strategian tavoitteesta ja mukana ovat myös kaupungin rajojen ulkopuoliset kaupungin omistamat metsät, jotka tuovat yli 6000 hehtaaria lisää pinta-alaa. 2014 tehdyn rakennusviraston raportin osalta on huomiotava, että siinä hiilinielun laskennassa ei ole huomioitu hakkuumääriä, mikä osaltaan selittää tulosten eroja.

Avoimen raportoinnin ja jäljitettävyyden vuoksi tämän laskennan tulokset ovat luotettavia sille alalle, mitä on käytetty. Työ voidaan toistaa myös eri tavalla laskeville pinta-aloille menetelmänkuvauksen yksityiskohdaisuuden ansiosta. Jatkotyöstössä on kuitenkin huomiotava, ettei hoitoluokkiin tai kaukokartoitukseen perustuva aineisto ole tällä hetkellä täysin luotettavaa tietoa. Tarkemmat kuvaukset käytetyn laskentatavan eroista on esitelty laskentaa käsittelevissä alaluvuissa.

Lisäksi tuloksiin vaikuttaa metsien hoitotapa, sillä Helsingin metsiä ei ole hoidettu talousmetsinä. Tästä syystä Helsingin metsien kasvu on vähäisempää, koska nuoren ja varttuneemman puuston harvennushakkuuta ei ole tehty vastaavalla tavalla kuin talousmetsissä. Ne ovat kasvaneet talousmetsiä tiheämpinä ja hitaammin, koska niiden hoitohakkuut ovat olleet talousmetsiä huomattavasti vähäisempiä. Huomattavan suuri osa Helsingin metsistä on puustoltaan vanhaa, jo hitaamman kasvun vaiheessa olevaa. Edellä mainituista seikoista johtuen Valtakunnan metsien inventoinnista saatujen ikäluokittaisten Uudenmaan metsien kasvua kuvaavien kasvumäärien käyttäminen tässä työssä antaa jonkin verran yliarvioitun Helsingin kaupunkimetsien kokonaiskasvumäärän ja sitä myötä hiilinielumäärän.

2 Menetelmäkuvaus

2.1 Laskentamalli

Kehitetty laskentamenetelmä perustuu aluetyypikohtaisten pinta-alatietojen mahdollisimman tarkkaan ja paikallisiin aineistoihin perustuvaan määrittelyyn ja viimeaikaisimpaan tutkimustietoon perustuvien keskiarvoisten aluekohtaisten hiilitasapainoa ilmaisevien kerrointen käyttöön. Käytettävissä olevaa aineistoa on tarkennettu aina kun se on ollut mahdollista, painottaen kuitenkin samalla aineiston luotettavuutta. Esimerkiksi metsien laskennassa tarkkuutta on lisätty ikä- ja puulajiluokittain eroteltua tietoa hyödyntämällä, jotta hiilinielujen mittaluokasta on saatu mahdollisimman oikeellinen kuva metsien hiilensidontapotentiaalin muuttuessa esimerkiksi iän ja lajiston mukaan.

Menetelmässä on hyödynnetty aiempiin menetelmiin verrattuna tarkempia lähtötietoja ja oletuksia aina, kun se on ollut mahdollista. Kaikkien tietojen ja oletusten pohjalta tarkennettua tietoa ei ole ollut saatavilla, jolloin on edetty aiemmissa raporteissa käytetyillä oletuksilla (esim. maaperä, puistopuut). Työssä käytetyt tarkennukset, epävarmuudet ja oletukset on raportoitu avoimesti osana laskentamenetelmää. Lisäksi on kirjattu muistiin tarve tunnistetuista jatkotarkentamismahdollisuuksista mittakaavallisine merkittävyyksineen.

2.2 Ohjelmistotarpeet

Nyt kehitetyssä laskennassa tarvitaan QGIS-paikatieto-ohjelmaa pinta-alatietojen laskemiseen sekä Excel-taulukkolaskentaohjelmaa pinta-ala- ja tilavuustietojen sekä hiilikertoimien yhdistämiseen. Excel-laskentamalli löytyy liitteestä 6. QGIS-ohjelmassa käsitellään karttatasoja siten, että eri datalähteistä saadaan eriteltyä tietoa oikeille alueille. Tiedot lasketaan yhteen QGIS:ssa tai Excelissä, jonka jälkeen ne voidaan sijoittaa laskentamalliin.

Suuria aineistoja leikatessa työvaiheet voivat kestää useita tunteja. On suositeltavaa käyttää laskentaan mahdollisimman tehokasta tietokonetta, jolloin käsittelyaika vähenee tunneista minuutteihin. Analyysien nopeuteen vaikuttavat monet tekijät aineistojen

tiedostoformaateista lähtien. Esimerkiksi Shapefilen analysointi on usein hitaampaa kuin esimerkiksi GeoPackagen. PostGIS puolestaan on muita aineistoja nopeampi ajaa. Tähän vaikuttavat myös syötetason sekä peitetason formaatit. Myös prosessointiteho sekä muistin koko vaikuttavat analyysien ajotehokkuuteen. Myös ohjelmistoissa itsessään voi olla rajoitteita sen osalta, kuinka paljon ne voivat käyttää muistia

3 Käytettävät aineistot

3.1 Käytettävät aineistot

Laskennassa on hyödynnetty paikallisesti tarkinta mahdollista aineistoa. Aineistovalinnassa on painotettu sitä, että kukin valituista aineistoista päivittyvä säännöllisesti osana jo olemassa olevia muita prosesseja kertaperusteisten aineistojen sijaan. Koska paikallisen tason data ei kata kaikkia laskenta-alueita, laskennassa on hyödynnetty tarvittavin osin myös laajempaa aineistoa. Kuitenkin niin, että käytettyjä aineistoja on hyödynnetty samantyyppisiin tarkoituksiin jo aiemmin, jotta niiden mahdolliset rajoitteet ovat tiedossa. Työssä käytetyt aineistolähteet on esitetty taulukossa 2 sekä tarkemmat tiedot niiden hakemisesta liitteessä 2.

Paikallisesti tarkin kaupungin oma aineisto on kuviotietoa, jota päivitetään epäsäännöllisesti muihin laskentatarpeisiin, kuten puuston kuntoarviointiin liittyen. Tämän vuoksi aineistoja on päivitetty eri vuosina ja vanhimmat kuviotiedot ovat kymmenen vuoden takaisia. Kaupungin kuviotieto on tarkinta pinta-ala-

tietoa, koska se perustuu maastomittauksiin.

Sitä täydentävänä pinta-ala aineistona on käytetty Corinen 20m x 20m pikseleillä tuotettua kaukokartoitusperusteista aineistoa, jossa virhetulkintojen mahdollinen määrä on jo suurempi. Arviota Corinen paikkansapitävyydestä on ristiintarkasteltu silmä-määräisesti ilmakuvan kanssa ja sen tulkitsemat pinta-alat osuvat pääosin oikeaan.

Hila on metsäkeskuksen tuottamaa aineistoa, jota on tässä työssä käytetty puulaji- ja ikätietojen määrittelyyn niillä alueilla, joilla kaupungin kirjaamia tietoja ei ole saatavilla.

Metsäkeskuksen metsävaratietoa on käytetty keskimääräisten kasvutietojen saamiseksi. Aineisto ei ole Helsingin osalta kattava, koska se keskittyy yksityisten metsänomistajien metsätietojen kartoittamiseen. Keskimääräiset kasvutiedot on laskettu koko Uudenmaan alueen aineistoon pohjautuen.

Taulukko 2. Aineistojen yhteenveto.

	Kaupungin data	CORINE	Hila	Metsävara-tieto	Valtakunnan metsien inventointi (VMI)
Käytetty versio (v.)	2023	2018	2023	2023	2021
Vastuutaho	Helsingin kaupunki	Suomen ympäristökeskus (Syke)	Metsäkeskus	Metsäkeskus	Luonnonvarakeskus (Luke)
Päivityssykli	1–10 v.	6 v.	jatkuva	jatkuva	vuosittainen
Sijainti	Paikkatietovipunen, metsätietojärjestelmä, kaupungin yhteystiedot	https://ckan.ymparisto.fi/en/dataset/corine-maanpeite-2018	https://www.metsakeskus.fi/avoin-metsa-ja-luontotieto/	https://www.metsakeskus.fi/avoin-metsa-ja-luontotieto/	https://kartta.luke.fi/
Tarve	Pinta-alojen ja pääpuulajien määrittely ym. puustotiedot, hakkuumäärät	Kaupungin aineistoa täydentävä pinta-ala-tieto metsille ja pelloille	Metsäaineiston tarkennus: pääpuulaji ja ikä	Puuston tilavuuden kasvu	Metsien puuston tilavuustieto

Valtakunnallinen metsien inventointi on Luken tuottama kansallinen metsäaineisto, jota on käytetty metsien tilavuustiedon laskentaan. VMI [14] tuotetaan koko Suomen metsistä.

3.2 Aluetyyppiluokitus

Laskennassa käytetyt aluetyypit perustuvat kaupungin datan hoitoluokkaluokitteluun. Koodit ovat seuraavat eri viheralueille:

- metsät C tai M,
- puistot A1–A3,
- pellot B1,
- niityt B2–B5 ja
- suojelualueet S.

Suojelualueilla sijaitsevat metsät on laskettu mukaan metsien pinta-alaan. Muilta osin suojelualueita ei ole tarkasti kartoitettu.

3.3 QGIS

Tässä laskennassa datan käsittelyyn on käytetty QGIS-versioita 3.16.4 ja 3.32.3. Versiolla ei ole suurta merkitystä laskennassa tarvittavien työvaiheiden osalta. Molemmista versioista löytyvät pääosin samat toiminnot. Eroja on lähinnä ohjelman sisäisten kommentojen käännöksissä. On kuitenkin suositeltavaa käyttää vain yhtä versiota työn tekemiseen, jotta komennot ovat varmasti samoja.

3.4 Alustavien tasojen luonti QGIS:issä

Paikkatietoaineistoja käsiteltäessä on tärkeää muistaa, että alkuperäisiin tiedostoihin ei saa tehdä muutoksia. Kun data haetaan kaupungin rajapinnasta, tasot tallennetaan omaan sijaintiinsa ennen niiden käsittelyä. Jos tasojen leikkaamisen kanssa on haasteita, liitteen 4 usein kysytyistä kysymyksistä saattaa löytyä niihin vastaus.

Laskennassa tarvittavat perustasot ovat:

- Taso 1: Kaupungin rajat
- Taso 2: Omistuksen ulkopuoliset alueet
- Taso 3: Tonttijaon ulkopuoliset alueet
- Taso 4: Kaupungin oman datan ulkopuoliset

viheralueet (Corine).

Taso 1: Kaupungin rajat

Laskennan alkuvaiheessa valmistellaan pohjatasot, joiden avulla muut aineistot rajataan koskemaan Helsingin kaupungin rajojen sisäpuolisia hiilinieluja (poislukien piha-alueet). Tasot tehdään QGIS-ohjelmassa.

Aluksi WFS-rajapinnasta haetaan taso 'Seutukartta_aluejako_helsinki_peruspiirijako', josta saadaan kaupungin rajat. WFS-rajapinta löytyy tasojen hallinnan työkalupakista alla näkyvän kuvakkeen (kuva 1) kautta. Taso haetaan sisäverkko_Helsinki -palvelinyhteydellä, johon yhdistämiseen voi kysyä lisätietoja liitteessä 5 mainituilta tahoilta.

Tämän kaupungin rajat sisältävän tason pohjalta leikataan kaikki muut laskennassa tarvittavat tasot, jotta laskenta saadaan koskemaan tavoitteen mukaisesti nimenomaan Helsingin kaupungin rajojen sisällä olevia viheralueita. Taso tallennetaan omaan sijaintiinsa ja haetaan sieltä käyttöön, kun tarvetta.

Tasot 2 ja 3: Omistuksen ulkopuoliset alueet ja tonttijaon ulkopuoliset alueet

Seuraavaksi tehdään tasot 'omistusalueen_ulkopuoliset_alueet' sekä 'tonttijaon_ulkopuoliset_alueet'. Lisätään aluksi 'omistusalue' - ja 'tontti' -tasot WFS rajapinnasta nimillä 'maanomistus_sisainen' ja 'tonttijako_indeksikartta'. Tee tasot komennolla 'Eroavuus' (vektori > Geoprosessointi > Eroavuus). Molemmat tasot voi tehdä samalla kertaa valitsemalla klikkaamalla 'aja eräajona'. Syötetasoksi molempiin tasoihin valitaan seutukartta (eli Helsingin alueen sisältävä taso), jolloin komento tuottaa tuloksena tonttijaolle ja maanomistukselle käänteiset tasot (kuva 2).

Kuvassa näkyy eräajo - Eroavuus näkymä. Tasojen tallennuspaikka määritellään viimeisessä sarakkeessa olevien kolmen pisteen takaa. 'Maanomistus' -tasossa on geometriavirheitä, jotka voi ohittaa painamalla jokoavaimen kuvaa tason kohdalla ja valitsemalla 'Invalid feature filtering' > 'Ohita kohteet, joilla on virheellinen geometria'.



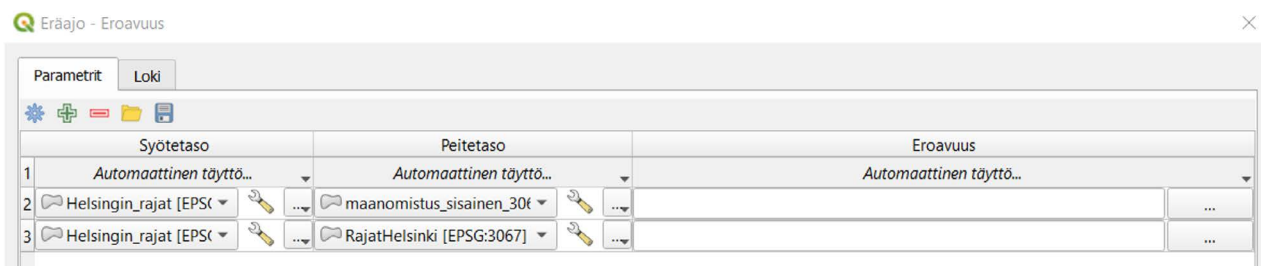
Kuva 1. WFS-rajapinnan kuvake QGIS-ohjelmassa.

Taso 4: Kaupungin datan ulkopuoliset viheralueet (Corine)

Kaupungin datan ulkopuolisten viheralueiden määrittelyyn käytetään Corine-aineistoa. Jotta Corinen ruutuarvot saadaan käyttöön, aineisto ajetaan aluksi komennon 'rasterit monikulmioiksi' kautta. Vaiheen tavoitteena on muuttaa rasteri vektoriksi, jolloin arvoja pystytään tarkastelemaan laskennassa. Komento löytyy Prosessointityökaluista, jonka saa näkyviin klikkaamalla hiiren oikealla painikkeella mistä tahansa muusta palkista ja valitsemalla Prosessointityökalut. Kun komento on valmis, arvoja voi tarkastella attribuuttitaulussa valitsemalla tasosta hiiren oikealla ja valitsemalla 'avaa attribuuttitaulu'.

Työssä ei lasketa vesistöjen hiilitasetta, jolloin niiden pitäminen käsittelyssä mukana ei ole tässä vaiheessa tarkoituksenmukaista. Tason keventämiseksi on hyvä poistaa siitä arvot '49', jotka kuvaavat merialueita avaamalla ensin kohteen arvot sisältävä attribuuttitaulu valitsemalla 'valitse kohteita kentän arvon perusteella' -toiminto ja kirjoittamalla 'VALUE'-kenttään 49. Seuraavaksi laitetaan päälle tason muokkaus ja poistetaan valitut kohteet roskakoria klikkaamalla. Tämän jälkeen valitaan 'tallenna muutokset'.

Lopuksi juuri tehty Corine-taso tallennetaan kolmena eri versiona: erikseen metsille, pelloille ja puistoille. Jos QGIS hidastelee, ratkaisu siihen saattaa löytyä liitteen 4 usein kysytyistä kysymyksistä.



(c) QGIS.org.

Kuva 2. Tasojen 2 ja 3 valmistelu QGIS-ohjelmassa.

4 Metsien hiilinielu

4.1 Tulosityhteveto

Tämän laskennan mukaan kaupungin rajan sisäpuolisten metsien nettohiilinielu (eli hiilinielu) on -71 088 t CO₂/v. Hiilinielu kuvaa hiilivaraston kasvua. Samalla laskettiin myös metsien hiilivarasto, joka kuvaa hiilipitoisuutta antaen suuntaa sille, paljonko hiiltä voi vapautua pitkän ajan kuluessa, mikäli alueelta esimerkiksi poistetaan kasvillisuus. Helsingin alueen metsien hiilivarasto on tämän laskelman mukaan 6 315 843 t CO₂.

Helsingin metsien kasvu on vähäisempää kuin Uudellamaalla keskimäärin (syyt kuvattu tarkemmin luvussa 4.2 ja 4.3.2). Koska metsien puuston tilavuustieto nojaa Uudenmaan tasoiseen kasvutietoon, laskenta antaa jonkin verran yliarvioitun arvion metsien hiilinielusta. Vanhat metsät toimivat ennen kaikkea hiilivarastoina, mutta myös hiilinieluna, vaikka niiden hiilensidontakyky onkin vähäisempi kuin nopeammin kasvavien nuorten metsien. Vanhojen metsien hakkuiden lisääminen pienentää nettohiilinielua. Vaikka uudistettaville alueille istutetaan uudet taimikot, niiden hiilinielu on vielä taimikon varhaiskasvuvaiheessa pieni.

4.2 Yleistä metsistä

Helsingin kaupunki omistaa rajojensa sisäpuolella metsää 4 140 ha. Pinta-alaan sisältyvät metsäiset suojelualueet osittain, riippuen siitä, onko suojelualan metsäaluetta inventoitu erikseen. Valtaosa metsistä on pienialaisia asuinalueiden lähimetsiä. Laajimmat metsäalueet sijoittuvat Keskuspuistoon, Uutelaan ja Östersundomin alueelle. Metsäalueet sijaitsevat suurimmaksi osin ulkoilu- ja virkistysalueilla.

Helsingin kaupunkialueen metsät ovat pääasiassa tuoreita ja lehtomaisia kankaita sekä lehtoja. Lisäksi on kalliomaita ja kuivia kankaita. Kasvupaikat vaihtelevat pienipiirteisesti. Merkittävä osa metsistä kasvaa entisillä viljelysmailla. Metsät ovat puustoltaan sekametsiä, joissa esiintyy jopa 23 eri pääpuulajia. Yleisimmät pääpuulajit ovat mänty, kuusi ja koivu. Myös haavan osuus on merkittävä. Puusto on pääosin varttunutta ja nuoria metsiä ja taimikoita on hyvin vähän. Metsissä on lahoppua keskimäärin 14 m³/ha.

Tämä on runsaasti, jos sitä verrataan talousmetsiin, joissa sitä on vain 1–6 m³/ha. On yleistä, että samassa metsässä on eri ikäisiä puita. Helsingin kaupunkimetsät ovat monimuotoisia ja metsäalueilla on runsaasti erilaisia luonnon arvokohteita.

Helsingin metsien kasvu on keskimäärin Uudenmaan metsien kasvua vähäisempää johtuen siitä, että Uudenmaan metsiä on hoidettu talousmetsinä, joissa pyritään mahdollisimman suureen metsien kasvuun ja taloudelliseen tuottoon. Talousmetsissä puustojen kasvua on edistetty taimikoiden, nuorten ja varttuneiden metsien hoitoharvennuksin, jotka lisäävät kasvutilaa nopeasti kasvavalle puustolle ja optimoivat metsien tilavuuskasvua juuri siinä kasvuvaiheessa, jolloin puut kasvavat kaikkein nopeimmin maksimoidessaan kasvua maksimoida myös hiilinielun määrää riippuen tässä tarkastelemattomista seikoista, kuten jatkuvapuiteisyydestä ja poistetun puun iästä.

Helsingin metsien kasvu on vähäisempää, koska nuoren ja varttuneemman puuston harvennushakkuuta ei ole tehty talousmetsissä vastaavalla tavalla. Vähäisistä hoitohakkuista johtuen ne ovat kasvaneet talousmetsiä tiheämpinä ja hitaammin.

Helsingin kaupunkimetsiä on hoidettu suunnitelmallisesti 1950-luvulta lähtien ulkoilumetsinä luontoarvoja vaalien. Osa metsistä on jätetty suunnitelmissa hoitotoimenpiteiden ulkopuolelle kehittymään luonnontilaksi [5].

4.3 Pinta-ala- ja tilavuustiedot

Metsien pinta-ala tieto on yhdistetty useasta lähteestä, sillä pyrkimyksenä on käyttää aina ensisijaisesti tarkinta mahdollista paikallista dataa ja vasta toissijaisesti täydentää sitä epätarkemmalla. Päälähteenä pinta-ala tiedon osalta on kaupungin oma kuviotieto, jota kaupunki kerää omistamilleen alueille. Kuviotieto koostuu tässä laskennassa uusimmasta saatavilla olevasta luonnonhoidon aineistosta, jota on täydennetty aineiston laadun varmistamiseksi Corine 2018 -paikkatietoaineistolla. Corine-aineisto on tarkastettu pistokokein silmämääräisesti uusimpaan ortoilmakuvaan (6/2023) vertaamalla.

Pinta-alatietoon yhdistettävä pääpuulajitieto on otettu kahdesta lähteestä. Kaupungin omistamille metsille on käytetty kaupungin omaa aineistoa sekä metsävarakeskuksen Hila-aineistoa ja Corine-alueille metsävarakeskuksen Hila-aineistoa. Corine-aineiston omaa pääpuulajitietoa ei hyödynnetä, koska se ei erottele toisistaan kuusi- ja mäntymetsiä. Hila-aineisto sisältää tiedon valmiiksi laskennassa tarvittavissa puustoluokissa (kuusi, mänty, lehtipuu).

Tilavuustieto on otettu Metsävarakeskuksen metsävaratiedoista Uudenmaan alueen keskiarvoina. Tilavuus on laskettu pääpuulajin ja ikäluokan mukaisesti.

4.3.1 Metsien pinta-alan pääpuulajikohtainen määrittely

Metsien pinta-ala lasketaan kaavalla:

Metsien pinta-ala

= kaupungin omistamat metsät + muut metsät

= (luonnonhoidon uusi aineisto + luonnonhoidon täydentävä aineisto) + Corine 2018 -aineisto

= (4 141 ha + 848 ha) + 1 372 ha

= 6 361 ha

Luonnonhoidon aineisto perustuu eri aikoina inventoituun tietoon. Näin ollen osa maankäytön muutoksista ei näy pinta-alassa ja päivittyä paikoin hitaasti, jopa kymmenen vuoden välein, riippuen alueellisista päivitystarpeista muun kuin hiilensidonnän näkökulmasta. Jos metsäpinta-alan määrittelyissä eri lähteiden välillä on epäselvyyksiä, vastaus siihen saattaa löytyä liitteen 4 usein kysytyistä kysymyksistä

Kaupungin omistamat metsät

Kaupungin oman aineiston osalta metsien määrittely tehdään QGIS-ohjelmassa. Sen sisältämä kuviotieto on paikallisesti kaikkein tarkinta ja mahdollistaa metsäisten alueiden mahdollisimman tarkan laskennan. Uusimman ja ajantasaisimman aineiston sijainti tulee varmistaa ennen laskentaa yhteyshenkilöltä. Tätä laskentakierrosta varten uusin aineisto on pyydetty käyttöön kaupungin yhteyshenkilöltä (ks. liite 5, laskentaa toistettaessa uusimmat metsätiedot voivat löytyä myös paikkatietovipusesta) ja sitä on täydennetty niiden alueiden osalta, joilla inventointia ei ole tehty Yleisten alueiden rekisterin hoitoluokka C:n (paikkatietovipunen > kadut ja puistot > yleisten alueiden rekisteri > teemat > viherosien hoitoluokat > C) tiedolla. Uusimman aineiston inventointivuosi vaihtelee vuosien 2018–2023 välillä. Metsien osalta luonnonhoidon aineiston käsittely perustuu aineis-

tossa käytettyihin koodeihin sekä yleisten alueiden osalta metsä-alatyyppeihin.

Luonnonhoidon aineistossa käytetty metsien alueluokitus on:

- C: hoitoluokkien mukaiset metsät
- M: uusien kunnossapitoehdotusten mukaiset metsät
- S: suojelualueet.

Kaikki alueet, joille on määritelty pääpuulaji, ovat mukana luonnonhoidon aineistossa. Koska C- ja M-hoitoluokkien mukaan suodatetusta datasta jää pois joitakin metsäalueita, tarvittava aineisto kootaan käänteisesti niin, että luonnonhoidon datasta, jolle on määritelty pääpuulaji, poistetaan metsiin kuulumattomat ei-metsäiset alueet (A= puistot ja B= niityt) joko QGIS:ssa poistamalla nämä arvot tai Excelissä suodatta-toiminnon avulla.

Muiden kuin metsätietojen osalta suodattaminen tehdään QGIS-ohjelmassa. Luonnonhoidon datasta avataan attribuuttitaulu, valitaan 'valitse kohteita kentän arvon perusteella' -komennolla pääpuulaji-kohdan alavetovaikeudesta 'arvo puuttuu' ja poistamalla valitut kohteet muokkaustilassa. A- ja B-luokkien poistaminen onnistuu samalla kentän kohteiden valitsijalla valitsemalla alavetovaikeudesta 'alkaa arvolla', kirjoittamalla kenttään 'A', poistamalla valitut ja tekemällä samat työvaiheet sitten arvolla 'B'. Kentän arvojen laskimella pinta-alasta saadaan tulos 4 141 ha.

Näiden vaiheiden jäljiltä jäljelle jäävät alueet, jotka eivät ole C- tai M-hoitoluokissa, näkyvät uusimmassa ortoilmakuvassa metsänä tai puustoryhmittymänä, mutta joiden hoitoluokitus joko puuttuu tai on S (suojelualue). Metsien pinta-alaan tulee siis datan pohjalta pieni vinouma. Epävarman alueen määrittely on tehty kaupungin uusimmassa luonnonhoidon aineistossa seuraavasti. Kaikki pääpuulajit, paitsi A- ja B-alueilla olevat 4 141 ha - (Pelkät C- ja M-luokat 3 627 ha + Pääpuulajit suojelualueilla 287 ha) = epävarma alue 227 ha. Epävarman alueen osuus kaupungin omistamista metsistä on 5 % ja kaikista Helsingin alueen metsistä 4 %. Määrä ei ole kokonaistavoitteen näkökulmasta merkittävä.

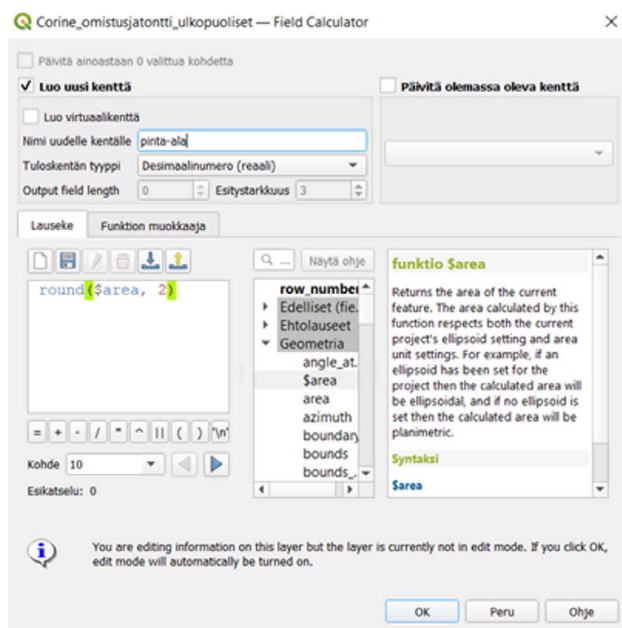
Kaikki kaupungin omistusalueiden metsät saadaan luonnonhoidon kuvioista, joten S-alueita ei ole tarpeen huomioida erikseen.

Seuraavaksi selvitetään pääpuulajit luonnonhoidon datasta järjestämällä data Excelissä data pääpuulajien mukaan ja laskemalla yhteen lehtipuulajit, kuuset

ja männyt. Pääpuulajien määrät kaupungin omistamille uudemmassa aineistosta ovat metsille: lehtimetsät (lehtikuusi mukana) = 1 450 ha (35 %), mäntymetsät (eri mäntylajit mukana) = 1 739 ha (42 %) ja kuusimetsät (kataja ja eri kuusilajit paitsi lehtikuusi mukana) = 952 ha (23 %), yhteensä = 4 141 ha.

Lisäksi kaupungin yleisten alueiden rekisteristä löytyy metsäksi luokiteltuja alueita, joita uusimmassa metsäaineistossa ei ole. Näiden alueiden erottelu QGIS-ohjelmassa onnistuu eroavuus-toiminnolla. Tavoitteena on erottaa ne metsäalueet, jotka ovat yleisten alueiden rekisterin metsä C-hoitoluokassa niistä metsäalueista, jotka ovat uusimmassa luonnonhoidon aineistossa. Eroavuus-toiminnossa syötetasolle asetetaan yleisten alueiden rekisterin metsätaso ja peitetasolle luonnonhoidon aikaisemmin määritelty pääpuulajit kattava taso.

Tulostasoon luodaan uusi pinta-alakenttä ja lasketaan uudet pinta-aliatiedot seuraavasti: avataan attribuuttitaulusta kentän arvojen laskin helmitaulun kuvasta. Uutta kenttää luotaessa sille annetaan nimi ja lauseke "round(\$area, 2)", joka laskee pinta-alan pyöristäen sen kahden desimaalin tarkkuuteen (kuva 3). Lauseke '\$area' valitaan 'Geometria'-luettelosta. Tätä uutta pinta-alakenttää hyödyntämällä kokonaispinta-ala lasketaan komennolla 'vektori' > 'analyysit' > kenttien tilastolliset tunnusluvut ja valitsemalla tarvittava kenttä: 'pinta-ala'.



(c) QGIS.org.

Kuva 3. Uuden pinta-alalausekkeen käyttö QGIS-ohjelmassa.

Nyt saadun uuden tulostason ei-metsäiset alueet poistetaan toiminnolla 'valitse kohteita arvon avulla'. Kun kaikki metsäkohteet on valittu, attribuuttitaulusta valitaan 'päinvastainen valinta' ja poistetaan roskakorin kuvasta muut arvot. Nyt jäljelle jäävä metsäpinta-ala on 847,55 ha. Näille ei ole määritelty pääpuulajia tai ikää, joten ne määritellään Hila-aineiston tunnistamien pääpuulaji- ja ikätietojen mukaan. Juuri käsitelty taso leikataan 'leikkaa'-toiminnolla Hila-tason kanssa ja tallennetaan siitä tuloksena oleva tulos-taso Excel-muodossa, jotta päästään erottelemaan ikä- ja puulajiluokkia helpommin suodata-toiminnolla. Hilan tunnistamat puulajisuhteet tässä tasossa ovat mänty 142 ha (17 %), kuusi 432 ha (53 %) ja lehtipuu 243 ha (30 %), yhteensä 817 ha. Aluetta, jota Hila-aineisto ei tunnista on 30 ha.

Muut metsät (Corine-aineisto)

Corine-aineisto käsitellään metsäpinta-alan selvittämiseksi niille alueille, joita kaupunki ei omista, mutta jotka sijaitsevat Helsingin rajojen sisällä. Aineiston hakeminen on kuvattu liitteessä 2. Liitteessä 2 olevan ohjeen mukaan esikäsitelty aineisto avataan QGIS-ohjelmassa ja avataan attribuuttitaulukko. Poistetaan aineistosta muut kuin metsäluokat (luokat 1–22 ja 31–49) komennolla 'valitse kohteita arvon avulla', joka löytyy valinnan työkalupakista.

Vuoden 2018 Corine-aineistossa metsäluokat ovat:

- 23: Lehtimetsät kivennäismaalla
- 24: Lehtimetsät turvemaalla
- 25: Havumetsät kivennäismaalla
- 26: Havumetsät turvemaalla
- 27: Havumetsät kalliomaalla
- 28: Sekametsät kivennäismaalla
- 29: Sekametsät turvemaalla
- 30: Sekametsät kalliomaalla.

Käytettäessä uudempaa Corine-aineistoa on hyvä tarkastaa, että luokat on numeroitu samalla tavalla.

Tämän jälkeen Corine-aineistosta poistetaan kaupungin omistusalueilla olevat alueet leikkaamalla se aiemmin luodulla 'omistusalueiden ulkopuoliset alueet'-tasolla. Leikkaaminen tapahtuu 'Vektorit' -alasvevalikon toiminnolla 'Leikkaa (clip)'. Syötetasoksi asetetaan luvussa 3.4 luotu 'Corine vektorina' -taso ja peitetasoksi samassa luvussa luotu 'omistusalueiden ulkopuoliset alueet' -taso (kuva 4). Tuloksena on taso, joka sisältää ne Corinen määrittelemät metsäalueet, jotka sijaitsevat omistusalueiden ulkopuolella, mutta Helsingin rajojen sisäpuolella.

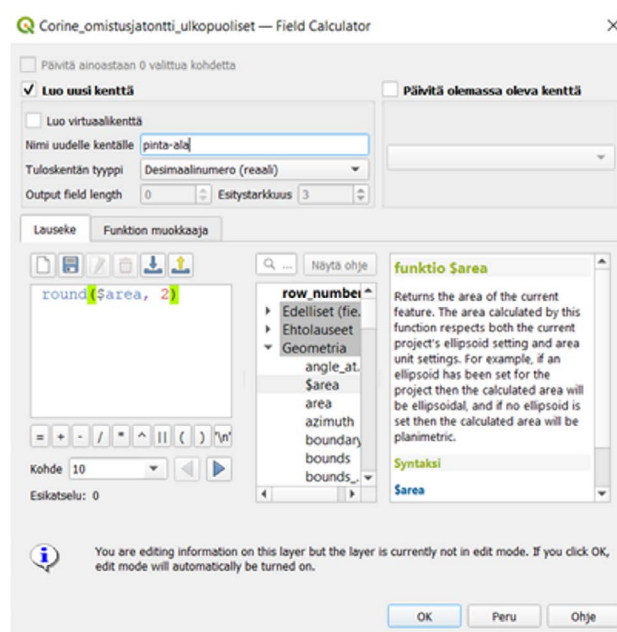
Lopuksi juuri tehty omistusalueiden ulkopuoliset alueet kattava 'Corinen metsäaineisto' -taso leikataan luvussa 3.4 tehdyn 'tonttijaon ulkopuoliset alueet' -tason kanssa, jotta piha-alueiden puusto ei tule mukaan metsäpinta-alaan. Tällöin leikkaa-toimintoa käytetään uudelleen syötetasolle juuri tehty taso, joka sisältää omistusalueiden ulkopuoliset metsä-alueet Corinesta ja peitetasolle tonttijaon ulkopuoliset alueet. Tuloksena on taso, joka sisältää Corinen määrittelemän metsäaineiston, josta on rajattu pois piha-alueet (tonttijako) ja kaupungin omistuksessa olevat alueet.

Seuraavaksi Corine-tasoon lisätään kenttä pinta-alan laskemista varten. Pinta-alatiedot saadaan luomalla attribuuttitauluun uusi kenttä seuraavasti: attribuuttitaulusta avataan kentän arvojen laskin klikkaamalla helmitaulun kuvaa. Uutta kenttää luotaessa sille annetaan nimi pinta-ala ja lauseke, joka laskee pinta-alan pyöristäen sen kahden desimaalin tarkkuuteen. Lauseke on 'round(\$area, 2)' (kuva 5). Lausekkeen '\$area' voi valita 'Geometria'-luettelosta. Tämän avulla kokonaispinta-ala lasketaan komennolla 'vektori' > 'analyysit' > kenttien tilastolliset tunnusluvut ja valitsemalla tarvittava kenttä: 'pinta-ala'. QGIS antaa linkin sivulle, josta tunnuslukutiedot löytyvät.

Eri pääpuulajit eroavat toisistaan hiilensidontakyvyltään, joten aineisto erotellaan pääpuulajeittain. Pääpuulajit Corinen määrittelemälle alueelle on otettu sitä tarkemman Hila-aineiston tiedoista, koska Corine määrittelee puuston vain lehti-, sekametsä- ja havupuutasolla yhdistäen männyn ja kuusen samaan luokkaan. Hila-aineisto leikataan aluksi Corinen määrittelemän alueen mukaan ja pinta-alakenttä lisätään kuten aiemmin tässä luvussa. Sen jälkeen attribuuttitaulusta etsitään männyn (koodi 1), kuusen

(koodi 2) ja lehtimetsän (koodi 29) koodeja vastaavat alueet Excelin avulla. Hila-aineiston pohjalta pinta-alat pääpuulajeittain ovat: mäntymetsät = 286 ha, kuusimetsät = 677 ha, lehtimetsät = 322 ha.

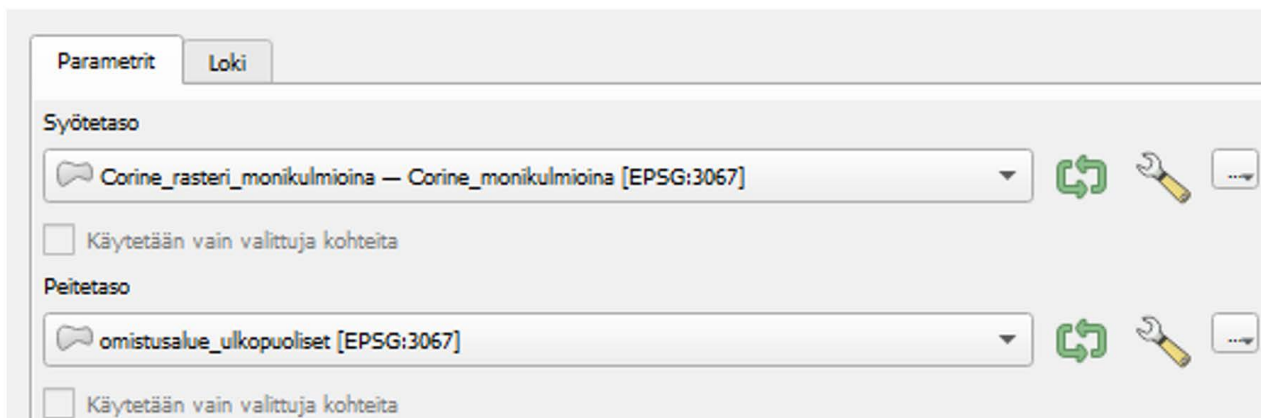
Tiedot on yleistetty laskemalla prosentiosuudet sille alalle, jonka Hila kattaa ja sitten jakamalla Corinen määrittelemä ala näillä osuuksilla. Pääpuulajien määrät omistusalueiden ja tonttijaon ulkopuolisille metsille ovat: mäntymetsät = 305 ha (22 %), kuusimetsät = 723 ha (53 %), lehtimetsät = 344 ha (25 %), yhteensä = 1 372 ha.



(c) QGIS.org.

Kuva 5. Corine-aineiston pinta-alatiedot lasketaan attribuuttitaulun avulla QGIS-ohjelmassa.

Leikkaa (clip)



(c) QGIS.org.

Kuva 4. Corine-aineiston leikkaaminen QGIS-ohjelmassa.

Metsäpinta-ala yhteensä

Metsien pinta-ala lasketaan kaavalla:

$$\begin{aligned} & \text{Metsien pinta-ala} \\ & = \text{kaupungin omistamat metsät} + \text{muut metsät} \\ & = (\text{luonnonhoidon uusi aineisto} + \text{luonnonhoidon} \\ & \quad \text{täydentävä aineisto}) + \text{Corine 2018 -aineisto} \\ & = 4\,141 \text{ ha} + 848 \text{ ha} + 1\,372 \text{ ha} \\ & = 6\,361 \text{ ha} \end{aligned}$$

Metsien puulajisuhteet ovat:

$$\begin{aligned} & \text{Metsien puulajisuhteet yhteensä} \\ & = \text{kaupungin luonnonhoidon kuviotiedon} \\ & \quad \text{pääpuulajitieto} + \text{Hilan pääpuulajitieto} \\ & = \text{Mäntymetsä } 2\,186 \text{ ha (35 \%),} \\ & \quad \text{Kuusimetsä } 2\,107 \text{ ha (33 \%),} \\ & \quad \text{Lehtimetsä } 2\,036 \text{ ha (32 \%) } \end{aligned}$$

Rakennusviraston raportin esiselvityksessä [2] puulajisuhte oli mänty 42 %, kuusi 36 % ja lehtipuut 22 %. Metsänhoidon suunnittelussa on kuitenkin noussut esiin huomio lehtipuun lisääntymisestä havupuiden kustannuksella, joka tukee tässä laskennassa saatuja jakaumatietoja.

Seuraavaksi pinta-ala- ja puulajitiedot erotellaan ikäluokkiin. Taulukossa 3 näkyy laskennassa tarkasteltujen metsien kokonaispinta-alat hehtaareina ikä- ja pääpuulajiluokan mukaan. Tiedot on laskettu uudemman luonnonhoidon aineiston määrittelemien ikä- ja pääpuulajiluokkien mukaan suurimmalle osalle omistusalueista ja Hilan tunnistamien ikä- ja pääpuulajiluokkien mukaan lopulle omistusalueelle sekä omistusalueen ulkopuolisille alueille. Pienet erot kokonaispinta-alassa johtuvat pyöristyksistä ja siitä, ettei Hila ole tunnistanut jokaiselle kuviolle kaikkia tietoja. Erot eivät ole merkittäviä.

Taulukko 3. Metsäalueiden pinta-alat ikä- ja puulajiluokittain (ha).

Pääpuulaji	Ikä (v)								
	1–20	21–40	41–60	61–80	81–100	101–120	121–140	141–160	161+
Mänty	29,5	221,1	311,1	389,7	470,1	348,0	247,3	116,5	37,9
Kuusi	65,0	229,4	527,2	489,1	503,1	215,4	20,7	1,9	3,2
Lehtipuu	142,4	428,3	717,5	452,1	54,0	48,4	6,3	1,6	0,0

4.3.2 Tilavuus ja tilavuuden muutos

Puuston hiilivaraston ja sen myötä hiilensidonnan laskemiseksi tarvitaan tieto puuston kokonaistilavuudesta. Tilavuustieto on saatavilla puulajeittain ja sillä tarkkuudella tässä on laskettu kaikkien Helsingin metsien hiilivarasto.

Puu sitoo kasvaessaan hiiltä, jolloin vuosittaisen kasvun määrä kuvaa puustoon sitoutuneen hiilen määrää vuodessa. Puut myös kasvavat eri tahtia iästä ja puulajista riippuen. Mitä tarkemmin puuston kasvu saadaan eroteltua, sitä tarkempaa tietoa sidotun hiilen määrästä saadaan. Tässä laskennassa puulajit on jaettu kolmeen luokkaan: mänty, kuusi ja lehtipuut. Ikäluokat on jaettu yhdeksään luokkaan kahdenkymmenen vuoden luokkarajoilla.

Helsingin metsiä on tavoitteellisesti hoidettu sekametsärakennetta ja puuston eri-ikäisrakennetta suosien. Tämä tarkoittaa sitä, että metsät ovat puustoltaan yleisesti sekametsiä, joissa metsä koostuu eri-ikäisestä kerroksellisesta puustosta.

Tässä työssä käytetty puuston kasvu on laskettu perustuen valtapuuston keski-ikäen ja kuvion pääpuulajiin. Esimerkki siitä, mitä puuston eri ikäisyys ja kerroksellisuus voi käytännössä tarkoittaa löytyy liitteen 4 usein kysytyistä kysymyksistä.

Tilavuuden muutos

Tilavuuden muutoksen laskemiseksi haetaan metsävarakeskuksen sivuilta pohjaksi metsävarakuviotiedot Uudenmaan alueelta (Metsävarakeskus> metsävaratiedot> paikkatietoaineisto> maakunta> Uusimaa). Aineistosta yhdistetään taulukot 'treestandssummary' ja 'treestratum' sekä näitä yhdistävänä kenttänä "reestandard" (liite 2). Aineistosta luokitellaan keskimääräinen kasvu Excelin suodatta-toiminnon avulla pääpuulajien ja iän mukaan (m³/ha/vuosi) (taulukko 4).

Nämä kasvukertoimet kuvaavat talousmetsää. Helsingin metsät kasvavat todellisuudessa hieman hitaammin, sillä metsää on hoidettu vähemmän ja se kasvaa hieman talousmetsää tiheämmin. Myös luontainen poistuma on suurempaa.

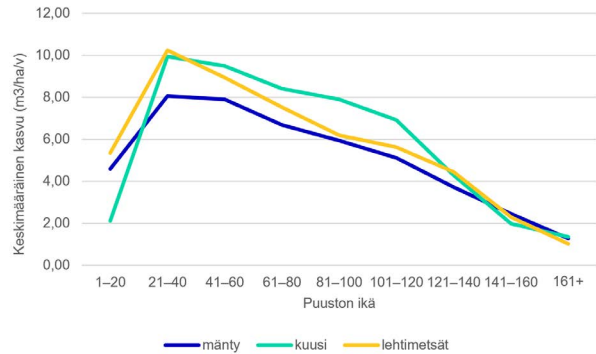
Näiden kasvukerrointen käyttöä tukee kuitenkin se, että ne ovat samalta alueelta ja kasvulliselta vyöhykkeeltä (hemiboreaalin) kuin Helsingin metsät. Puuston kasvukertoimet taas ovat mahdollisesti yliarvioituja, koska ne on laskettu koko Uudenmaan puuston keskikasvusta. Vertailtaessa Helsingin metsien kasvua Uudenmaan metsien kasvuun, voidaan todeta sen olevan Helsingin metsien kasvua suurempi. Tämä johtuu siitä, että Uudenmaan metsiä on hoidettu talousmetsinä, joissa pyritään mahdollisimman suureen metsien kasvuun ja taloudelliseen tuottoon. Talousmetsissä puustojen kasvua on edistetty taimikoiden, nuorten ja varttuneiden metsien hoitoharvennuksin, jotka lisäävät kasvutilaa nopeasti kasvavalle puustolle. Hoitotoimenpiteiden kohdistaminen näihin ikäluokkiin optimoi metsien tilavuuskasvua juuri siinä kasvuiässä, jolloin puut kasvavat kaikkein nopeimmin. Talousmetsän kasvua maksimoiva hoitotapa voi maksimoida myös hiilinielun kokoa tässä tarkastelemattomien ehtojen täyttyessä.

Tilavuuden keskimääräinen kasvu metsävaratiedoista erotellusta datasta Uudenmaan metsissä on esitetty kuvassa 6. Puuston kasvu kiihtyy noin neljäänkymmeneen ikävuoteen saakka kaikilla puulajeilla, jonka jälkeen puuston kasvun nopeus vähenee hitaasti iän lisääntyessä. Voimakkaimman kasvun vaihe on 40–60-vuotiaassa metsässä.

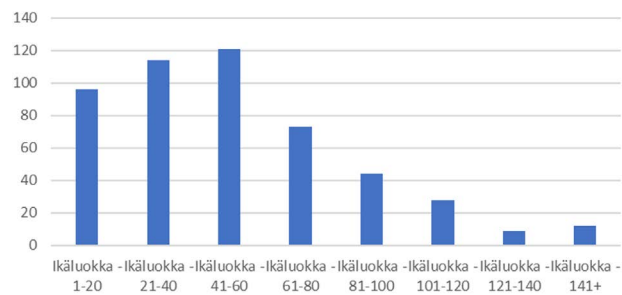
Huomattavan suuri osa Helsingin metsistä on puustoltaan vanhaa, jo hitaamman kasvun vaiheessa olevaa. Helsingin metsien ikäluokkajakauma on painotunut voimakkaasti vanhoihin ikäluokkiin verrattuna koko Uudenmaan alueeseen (VMI 12/13) (kuvat 7 ja 8).

Edellä mainituista seikoista johtuen Valtakunnan metsien inventoinnista saatujen ikäluokittaisten Uudenmaan metsien kasvua kuvaavien kasvumäärien

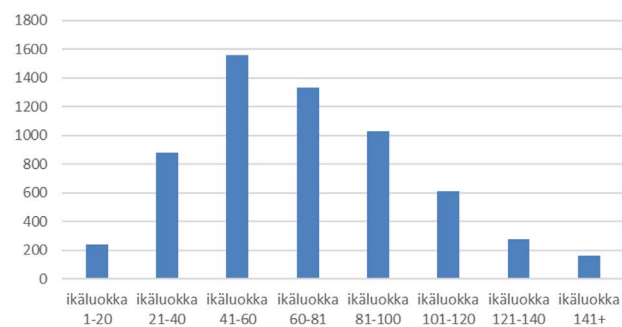
käyttäminen tässä työssä antaa jonkin verran yliarvioitua metsien kokonaiskasvumäärän ja sitä myötä hiilinielumäärän.



Kuva 6. Uudenmaan alueen metsän tilavuuden kasvu puulajeittain (m³/ha/vuosi) [14].



Kuva 7. Metsien ikäluokat Uudellamaalla [14].



Kuva 8. Metsien ikäluokat Helsingissä (taulukko 3).

Taulukko 4. Puuston keskimääräinen kasvu m³/ha/v Uudenmaan mukaan [14].

Pääpuulaji	Ikä (v)									
	1-20	21-40	41-60	61-80	81-100	101-120	121-140	141-160	161+	
Määnty	4,59	8,06	7,89	6,68	5,93	5,12	3,73	2,44	1,27	
Kuusi	2,12	9,93	9,48	8,40	7,89	6,92	4,28	1,97	1,35	
Lehtipuu	5,35	10,23	8,93	7,53	6,18	5,63	4,45	2,28	1,02	

Metsien puuston kokonaistilavuus

Valtakunnallisen metsien inventoinnin (VMI) tilavuustiedoissa Helsingin metsien puuston kokonaistilavuus on 1 611 537 m³. Tulos saadaan leikkaamalla VMI:n tilavuusaineisto luonnonhoidon kaikkien metsäkuvio-tietojen ja sitä täydentävän Corinen metsäaineiston mukaan. VMI:stä haetaan VMI-latauspalvelun kautta L4-nimetyksen kuvion tiedot. L4-kuvio sisältää Helsingin alueen. Sen alta valitaan 'volume'-tiedot männylle, kuuselle, koivulle ja muulle lehtipuulle (ks. liite 2). Nämä tilavuustiedon sisältämät tasot leikataan luvussa 3.4 valmistettujen tasojen mukaisesti. Näin saadaan tilavuustieto määritellylle metsäalueelle.

Tilavuustietoja ei voi laskea suoraan yhteen, koska tilavuus on ilmoitettu yksikössä m³/ha. Se on siis yleistetty vastaamaan hehtaarille tulevaa määrää, mikäli sama tiheys jatkuisi hehtaarin kokoiselle alalle. VMI antaa tiedon 16 x 16m pikselikoossa, jonka yksikönä on m³/ha. Tieto muutetaan kuutiometreiksi koko alueelle jakamalla se arvolla 39,0625 (eli hehtaari / pikselikoko = 10 000 m² / 256 m² = 39,0625 ha). Koko aineisto jaetaan samalla suhdeluvulla.

Metsien kokonaistilavuus

$$\begin{aligned} &= \text{yhteenlaskettu tilavuustieto (m}^3\text{/ha) / hehtaarin ja} \\ &\quad \text{pikselin suhdeluku (ha)} \\ &= 62\,950\,651 \text{ (m}^3\text{/ha) / } 39,0625 \text{ ha} \\ &= 1\,611\,537 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Tämän välituloksen osalta harhaa aiheuttaa aineiston käsittely virhe, kun rasteripikselit monikulmioiksi-toiminto yhdistää vierekkäiset pikselit, joilla on sama tilavuustieto yhdistämättä näitä tilavuustietoja yhteenlaskulla aiheuttaen tuloksen pienenemisen todellisesta arvosta. Tämä harha ei ole merkittävä, mutta tulee korjata tulevaisuudessa. VMI:sta laskettu kokonaistilavuus jakautuu puulajeittain seuraavasti Helsingin metsissä vuoden 2021 aineistolla.

Tilavuus^{manty}

$$\begin{aligned} &= \text{VMI kokonaistilavuustieto (m}^3\text{) * pääpuulajin} \\ &\quad \text{prosentuaalinen määrä} \\ &= 1\,611\,537 \text{ m}^3 * 0,35 \\ &= 556\,615 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Tilavuus^{kuusi}

$$\begin{aligned} &= \text{VMI kokonaistilavuustieto (m}^3\text{) * pääpuulajin} \\ &\quad \text{prosentuaalinen määrä} \\ &= 1\,611\,537 \text{ m}^3 * 0,33 \\ &= 536\,500 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Tilavuus^{lehtipuu}

$$\begin{aligned} &= \text{VMI kokonaistilavuustieto (m}^3\text{) * pääpuulajin} \\ &\quad \text{prosentuaalinen määrä} \\ &= 1\,611\,537 \text{ m}^3 * 0,32 \\ &= 518\,421 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Oletettavasti yleistämiseen perustuvaan laskutapaan liittyvä harha on pieni, koska alueet, joilla vierekkäisissä pikseleissä on sama arvo, ovat yleisimmin 0 tai muita pieniä arvoja.

4.4 Hiilikertoimet

Metsien hiilikertoimina käytettiin lukuja kolmeen eri tarkoitukseen:

I. puuston hiilidioksidipitoisuuskertoimet jotka koostuvat 'Biomass expansion factor'-tunnuslukuista ja hiilidioksidikertoimesta

II. tilavuuden kasvukertoimet eri puulajin ja ikäluokan mukaisesti; ja

III. keskimääräiset suhdeluvut maaperähiilen määrittämiseksi.

Biomass expansion factor

$$\begin{aligned} &= \text{runkopuun maanpäällisen biomassan kerroin +} \\ &\quad \text{runkopuun maanalaisen biomassan kerroin} \end{aligned}$$

Puuston hiilikerroin

$$= \text{biomass expansion factor * hiilidioksidikerroin}$$

I Puuston hiilidioksidipitoisuuskertoimet

Biomass expansion factor laskee runkotilavuudelle oksien (maanpäällinen) ja juurten (maanalainen) biomassan, jolloin koko puuston sitoma hiili saadaan mukaan laskentaan. Kerrointa käytetään laskemalla yhteen maanpäällinen ja maanalainen biomassakerroin ja kertomalla se hiilidioksidikertoimella.

Biomass expansion factor eri puulajeille kivennäismaalla Etelä-Suomessa [13]:

Biomass expansion factor^{manty}

$$\begin{aligned} &= \text{maanpäällinen + maanalainen} \\ &= 0,494 \text{ Mg/m}^3 + 0,124 \text{ Mg/m}^3 \\ &= 0,618 \text{ Mg/m}^3 \end{aligned}$$

Biomass expansion factor^{kuusi}

= maanpäällinen + maanalainen

= 0,55 Mg/m³ + 0,165 Mg/m³

= 0,715 Mg/m³

Biomass expansion factor^{lehtipuu}

= maanpäällinen + maanalainen

= 0,615 Mg/m³ + 0,197 Mg/m³

= 0,812 Mg/m³

Hiilidioksidikerroin kaikille puulajeille [13] on:

Hiilidioksidikerroin^{kaikki}

= -1,833 t CO₂

Tilavuustiedot kerrotaan molemmilla kertoimilla, sillä puiden tilavuus on yleisesti ilmoitettu vain runkopuuna. Laskennassa käytettävät kokonaiskertoimet ovat:

Hiilikerroin^{manty}

= Biomass expansion factor^{manty} *
hiilidioksidikerroin^{kaikki}

= 0,618 t CO₂/m³ * -1,833 t CO₂

= -1,133 t CO₂/m³

Hiilikerroin^{kuusi}

= Biomass expansion factor^{kuusi} *
hiilidioksidikerroin^{kaikki}

= 0,715 t CO₂/m³ * -1,833 t CO₂

= -1,311 t CO₂/m³

Hiilikerroin^{lehtipuu}

= Biomass expansion factor^{lehtipuu} *
hiilidioksidikerroin^{kaikki}

= 0,812 t CO₂/m³ * -1,833 t CO₂

= -1,488 t CO₂/m³

Kertoimia käytetään negatiivisina hiilinielua laskettaessa ja positiivisina hiilivarastoa laskettaessa. Sekä olemassa olevan puuston kasvun että hakkuutilavuuden kerronta tulosluvulla antaa hiilen sidotun määrän ja sidotun hiilen poistuman. Poistumatiedoissa puun ikää tai puulajia ei ole raportoitu, joten siinä käytetään männyn, kuusen ja lehtipuun keskiarvoa: 1,3106 Mg CO₂/m³.

Tässä hyödynnetyt metsien hiilikertoimet ovat mahdollisesti hieman aliarvioituja, koska ne on laskettu koko Etelä-Suomen keskiarvona, eikä näin ollen otettu huomioon juuri Helsingin leveysasteita.

4.5 Laskenta

Puuston hiilivarasto

= tilavuus * hiilikerroin

Puuston nettohiili

= kasvun sitoma hiili – poistuman sitoma hiili

Maaperän hiilivarasto [6]

= 2* puuston hiilivarasto

Maaperän nettohiili [6]

= puuston nettohiili / 2

Puuston hiilivarasto

Puuston hiilidioksidin sidottu kokonaismäärä lasketaan laskentaa varten puulajikohtaisesti:

Puuston hiilivarasto^{manty}

= tilavuus^{manty} * hiilikerroin^{manty}

= 556 615 m³ * 1,133 t CO₂/m³

= 630 531 t CO₂

Puuston hiilivarasto^{kuusi}

= tilavuus^{kuusi} * hiilikerroin^{kuusi}

= 536 500 m³ * 1,311 t CO₂/m³

= 703 134 t CO₂

Puuston hiilivarasto^{lehtipuu}

= tilavuus^{lehtipuu} * hiilikerroin^{lehtipuu}

= 518 421 m³ * 1,488 t CO₂/m³

= 771 616 t CO₂

Puuston hiilivarasto yhteensä vuoden 2021 aineistolla: 2 105 281 t/CO₂.

Puuston nettohiili

Nettohiili

= kasvun sitoma hiili – poistuman sitoma hiili

Kasvun sitoma hiili

= pinta-ala ikä- ja puulajikohtaisesti * tilavuuden kasvukerroin ikä- ja puulajikohtaisesti * puulajikohtainen hiilikerroin

Poistuman sitoma hiili

= poistuman kuutiomäärä * hiilikerroin

Puuston kasvu eritellään puulajeittain ja ikäluokittain, jolloin saadaan tarkempi tulos Helsingin metsien kasvunopeudesta, johon ikä ja puulajirakenne vaikuttavat. Kasvukertoimia II käytetään yhdessä pinta-alatiedon kanssa:

Puuston kasvu vuodessa tietyllä alalla

= puuston keskimääräinen kasvu hehtaarilla vuodessa * puuston pinta-ala

Esimerkki: 21–40-vuotiasta lehtipuuta on 428,34 ha ja sen keskimääräinen kasvu on 10,23 m³/ha/v. Nämä kertomalla saadaan tuloksena puuston kasvu tälle ikä- ja puulajiluokalle: 428,34 ha * 10,23 m³/ha/v = 4 281,9 m³/v.

Kokonaistilavuuden kasvu on yhteensä 45 473 m³/v. Pääpuulajiluokittain kasvu jakautuu: mäntymetsillä 12 798 m³/v, kuusimetsillä 17 082 m³/v ja lehtimetsillä 15 593 m³/v. Näiden hiilipitoisuus lasketaan kasvukertoimilla I.

Puuston hiilipitoisuus

= tilavuuden kasvu * hiilikerroin

Puuston hiilipitoisuus_{Smanty}

= tilavuuden kasvu_{Smanty} * hiilikerroin_{Smanty}

= 12 798 m³/v * -1,133 t CO₂/m³

= -14 498 t CO₂/v

Puuston hiilipitoisuus_{Kuusi}

= tilavuuden kasvu_{Kuusi} * hiilikerroin_{Kuusi}

= 17 082 m³/v * -1,311 t CO₂/m³

= -22 387 t CO₂/v

Puuston hiilipitoisuus_{Lehtipuu}

= tilavuuden kasvu_{Lehtipuu} * hiilikerroin_{Lehtipuu}

= 15 593 m³/v * -1,488 t CO₂/m³

= -23 208 t CO₂/v

Puuston kasvun sitoman hiilen muutos vuodessa on yhteensä: - 60 093 CO₂/v.

Kasvun eli puuston lisääntymisen lisäksi hiilinielun laskentaan tarvitaan puuston vähenemä eli hakkuupoistuma. Tämä tieto saadaan kaupungin yhteystenkin kautta perustuen myydyin puun määrään (ks. liite 5). Laskennassa on hyödynnetty vuoden 2022 kokonaispoistumaa: 9 691 m³. Tämän hiilipitoisuuden selvittämiseksi käytetään kasvu kertoimia I ja II, kuten kasvavallekin puustolle.

Hiilen poistuma puustosta

= poistuneen puun tilavuus * hiilikerroin

= 9 691 m³ x 1,311 Mg/m³/CO₂

= 12 701,0246 Mg/ CO₂

= 12701 t/ CO₂

Puuston nettohielu vuoden 2022 hakkuutiedoilla on siis:

Puuston nettohielu

= kasvu * hiilikerroin – poistuma * hiilikerroin

= -60 093 t CO₂/v + 12 701 t CO₂/v

= -47 392 t CO₂/v

Hiilivarasto ja hiilivaraston muutos maaperässä

Metsien maaperähiilen laskentaan on hyödynnetty aiemmissa raporteissa [2, 3] hyödynnettyä Liskin ja Westmanin [6] suhdelukua. Samaa suhdelukua käytetään myös tässä laskennassa, sillä tarkempia menetelmiä maaperähiilen laskentaan ei ole saatavilla kaupungin tarkkuustasolla, ja oletus on systemaattinen aiemmissa laskennoissa hyödynnettyjen oletusten kanssa, kunnes tarkempi menetelmä on saatavilla. Maaperähielen laskenta on toistaiseksi vakiintumaton myös tutkimuspuolella, eikä sen laskemiseen ole saatavilla systemaattista paikalliseen tietoon perustuvaa laskentatapaa. Muut tarkastellut laskentatavat [esim. 7, 8] tuottavat keskenään todella erilaisia tuloksia ja niiden oikeellisuutta Helsingin paikalliskontekstin näkökulmasta on vaikea arvioida.

Liskin ja Westmanin [6] tekemän karkean arvion mukaan metsien hiilinielusta kaksi kolmannesta on puustossa ja yksi kolmannes maaperässä. Maaperän nielulle käytetään laskennassa puuston nettohielutietoa, sillä se huomioi myös maaperän nielua kerryttämättömän hiilen poistuman. Liskin ja Westmanin oletuksen mukaan laskettu maaperän nielu metsässä:

Maaperän nettohielu [6]

= puuston nettohielu / 2

= -47 392 t CO₂/v / 2

= -23 696 t CO₂

Maaperän hiilivarasto puolestaan on Liskin ja Westmanin [6] mukaan kaksinkertainen puustoon sitoutuneeseen hiileen nähden:

Maaperän hiilivarasto [6]

= 2 * puuston hiilivarasto

= 2 * 2 105 281 t CO₂

= 4 210 562 t CO₂

Helsingin metsät sijaitsevat lähes kokonaan kivennäismaalla, jolloin varasto on luultavasti todellisudessa oletusta jonkin verran pienempi, sillä se perustuu koko Suomen metsiin, joista osa on turvemaalla.

Metsän nettonielu ja hiilivarasto yhteensä

Metsän nettonielu

= puuston nettonielu + maaperän nettonielu

= -47 392 t CO₂/v -23 696 t CO₂/v

= -71 088 t CO₂/v

Metsän hiilivarasto

= puuston hiilivarasto + maaperän hiilivarasto

= 2 105 281 t CO₂ + 4 210 562 t CO₂

= 6 315 843 t CO₂

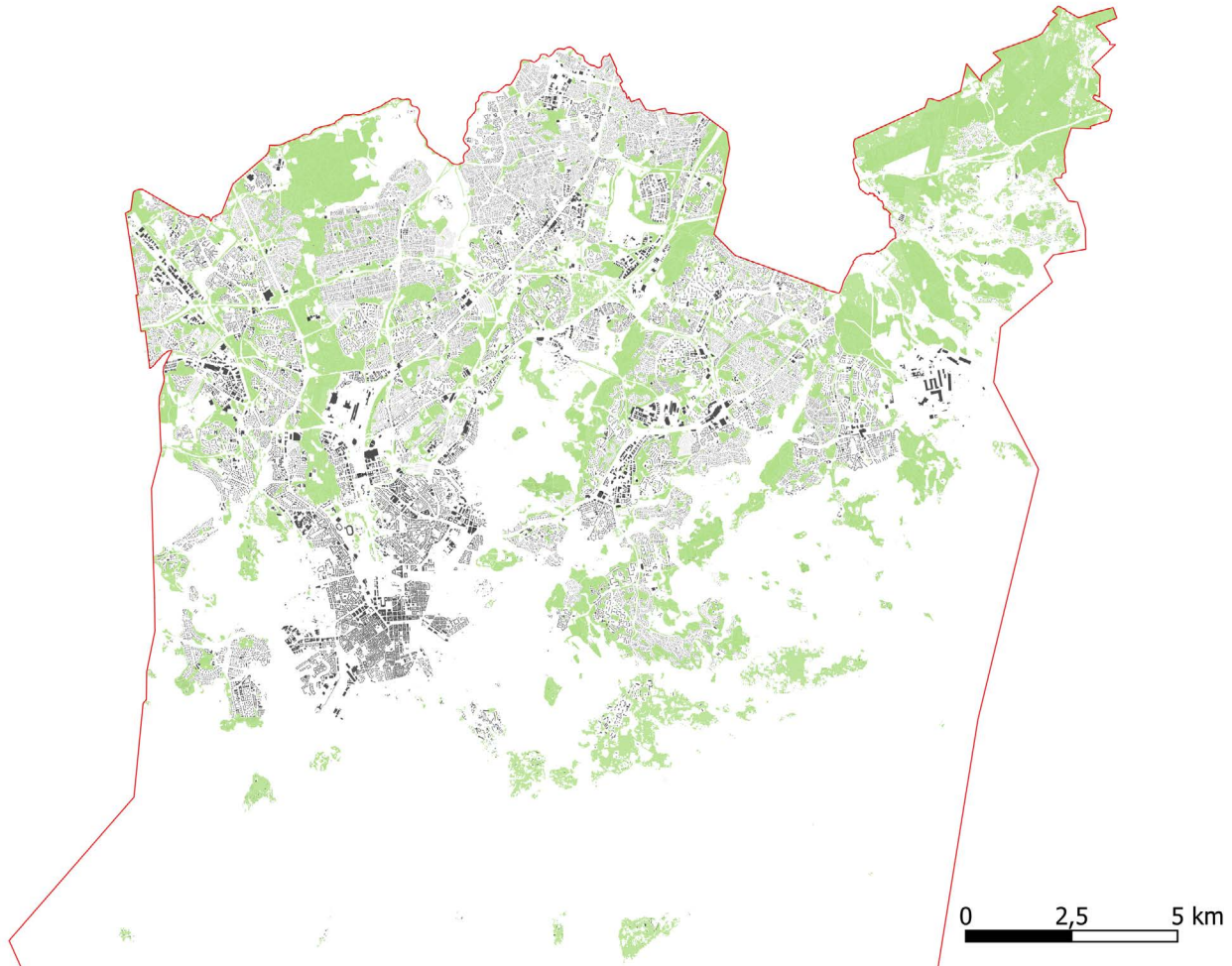
Metsäalueet ovat sijoittuneet eri puolille kaupunkia (kuva 9).

4.6 Oletukset, epävarmuudet ja tarkennukset

Vertaamalla kaupungin kuvioaineistoja, ortoilmakuvaa ja Corinen metsäaineistoja huomataan, että Corinessa on toisinaan merkitty eri metsäalueet kuin luonnonhoidon aineistossa, toisinaan ei ole tunnistettu metsää alueelle, jossa näyttäisi olevan metsää, ja lisäksi merkitty joitakin yksittäisiä pisteitä ei-metsäisille alueille. Pääosin Corine vaikuttaa kuitenkin paikkaansa pitävältä ja silmämääräisen tarkastelun perusteella tuottaa melko luotettavan tuloksen tässä laskennassa tarkastellun alueen metsistä.

Maaperän hiilensidonta on tässä laskennassa mukana yksinkertaistetun kertoimen mukaisesti.

Jatkossa maaperän hiilivaraston nettonielun laskentaa voi tarkentaa YASSO-mallilla, mikäli se todetaan



Kuva 9. Laskennassa huomioitujen metsäalueiden sijainti.

Lähde: Helsingin kaupunki, Syke (osittain LUKE, MAVI, LIVI, DVV, EU, MML Maastotietokanta 01/2017); Vektoriaineisto Lähde: Syke, EEA, EU/Copernicus.

tarkkuustasoltaan ja työmäärältään kaupungin tietotarpeisiin nähden tarkoituksenmukaiseksi. Maaperänielujen laskentaan liittyy suuria oletuksia ja epätarkkuuksia johtuen esimerkiksi paikallisista maaperä- ja sääolosuhteista. Maaperänielujen laskenta kaupunkitasolla onkin aihe, joka kaipaa vielä jatkokehittämistä

Hiilinielun muutoksessa olennaisin tekijä on maankäytön muutos. Kun viheralue pinnoitetaan, kasvillisuuden nielu poistuu ja maaperään varastoitunut hiili hiljalleen vapautuu. Maanmuokkauksen seurauksena maaperähiili vapautuu jopa nopeammin, mutta hiiltä sitova kasvusto poistuu tai merkittävästi pienenee. Jatkossa laskentaa voidaan kehittää yhä tarkemmaksi myös maankäytön muutoksen ja mahdollisen skenaariolaskennan osalta, kun tarkempaa dataa tulee saataville.

Hakkuutiedot on saatu tähän selvitykseen metsästä poistuneen tukki- ja hakepuun määränä ja tietoa on hyödynnetty yhteenlaskettuna kuutiomääränä. Kaadetun puun laji ei ole tiedossa, mutta siitä syntyvät erot hiilen varastoinnissa ovat melko pieniä. Hakkuiden osalta tarkempia kohdekohtaisia hoitomenetelmiä ei selvitetty, mutta yleinen tavoite metsähoidossa on jatkuvapeitteisyys, jolloin hakkuuaukeita ei synny. Hakkuuaukeat toimivat hetken päästölähteenä ennen uuden puuston kasvua.

5 Peltojen hiilinielu

5.1 Tulosityhteenveto

Peltojen nettohiilinielu on laskennan mukaan positiivinen 131 t CO₂, eli pellot toimivat nielun sijaan päästölähteenä. Helsingin pellot sijaitsevat kivennäismaalla, jolla maaperän päästöt ovat matalampia kuin turvepelloilla. Myös kivennäispelloilla maaperäpäästöt ovat kuitenkin usein suurempia kuin kasvillisuuden mahdollistama hiilensidonta.

5.2 Pinta-ala- ja viljelykasvitiedot

Peltojen pinta-alatieto on koostettu kahdesta lähteestä. Kaupungin oma kuviotieto kattaa kaupungin omistamien alueiden pellot ja Corine 2018 -aineisto täydentää sitä Helsingin rajojen sisäisille, mutta omistuksen ulkopuolisille peltoalueille. Tällöin esimerkiksi Viikin ja Östersundomin peltojen pinta-alat tulevat mukaan laskentaan samasta aineistosta. Aineiston käsittely QGIS-ohjelmassa on kuvattu alla.

Peltojen pinta-ala

= kaupungin kuviotieto + Corine 2018 -aineisto

= kaupungin omistamat pellot + muut pellot

= 443 ha + 253 ha

= 695 ha

Kaupungin omistamat peltoalueet

Kaupungin datasta eroteltu peltoaineisto haetaan paikkatietovipusen yleisten alueiden rekisteristä 'B1 maisemapellot'-nimellä. Data tallennetaan GeoPackage-muodossa, jonka jälkeen taso avataan QGIS:issa pinta-alatietojen yhteen laskemiseksi. Tilastollisten tunnuslukujen laskin löytyy 'Vektorit' -alasetoalivikosta ('analyysit' > 'kenttien tilastolliset tunnusluvut').

Luonnonhoidon aineiston pohjalta kaupungin omistamien peltoalueiden pinta-ala on yhteensä 443 ha.

Muut pellot (Corine)

Seuraavaksi eritellään Corine-aineiston määrittelemien peltojen pinta-ala alueille, joita kaupunki ei omista, mutta jotka sijaitsevat Helsingin rajojen sisäpuolella. Näiden laskemiseksi avataan ensin vek-

toripikseleinä peltoja varten luvussa 3.4 tallennettu Corine ja poistetaan siitä muut kuin peltoluokat (Corinen koodi '17'). Peltoluokat sisältävä Corine-aineisto leikataan vielä omistusalueiden ulkopuolisille alueille, jotta varmistetaan siitä, etteivät omistusalueiden pellot tule mukaan tähän pinta-alaan. Silmämääräisesti arvioiden kaupungin pellot eivät kuitenkaan kuulu Corinen pelto-luokkaan, vaan erilliseen 'maataloustuen ulkopuoliset pellot'-luokkaan.

Corine-aineiston pohjalta kaupungin omistuksen ulkopuolisten peltoalueiden pinta-ala on yhteensä 253 ha.

Peltojen pinta-ala yhteensä

Peltojen pinta-ala

= kaupungin omistamat pellot + muut pellot

= kaupungin kuviotieto + Corine 2018

= 443 ha + 253 ha

= 695 ha

Viljelykasvitiedot

Hiilinielun laskemista varten tarvitaan peltojen viljelykasvitiedot tarkkuudella yksivuotinen vai monivuotinen viljelykasvi ja maaperä tarkkuudella kivennäismaaperä vai orgaaninen maaperä. Pellot, joilla viljellään monivuotisia kasveja ovat tämän laskelman mukaan pieniä hiilinieluja ja pellot, joilla viljellään yksivuotisia kasveja ovat päästölähteitä. Viljelykasvitiedot kaupungin omistamille pelloille saadaan Ruokaviraston viljelysuunnitelmasta (ks. yhteyshenkilö, liite 5). Maaperän osalta turvemaalla maaperäpäästö on suurempaa kuin kivennäismaalla. Kaikki Helsingin pellot sijaitsevat kuitenkin kivennäismaalla. Luvussa 8 on tarkemmat ohjeet maaperätiedon etsimiseen.

Jaotteleamalla taulukosta peltomaiden viljelykasvitiedot yksi- ja monivuotisiin, saadaan yksivuotisten kasvien määrä kaupungin omistamille pelloille. Sama viljelysuhte on yleistetty muille alueille, koska tiedon hakeminen erikseen ei välttämättä tuo lisätarkkuutta laskentaan verrattuna peltojen hiilinielun kokonaismittakaavaan. Viljelykasvit on jaettu yksi- ja monivuotisiin sillä perusteella, että nurmikasvit ovat usein monivuotisia ja muut viljelykasvit yksivuotisia

(taulukko 5).

Helsingissä on peltoja yhteensä 695 ha. Yleistettynä viljelyssuhde jakautuu yksi ja monivuotisten viljelyskasvien välillä lähes tasan. Yksivuotisia viljelyskasveja on 52 % peltoalasta ja monivuotisia 48 %. Monivuotisten viljelykasvien osuus (nurmiviljelys) on yhteensä 159 ha (48 %) ja edelleen koko Helsingin peltoalalle yleistettynä $695 \text{ ha} * 0,48 = 335 \text{ ha}$. Yksivuotisten viljelykasvien (muut) osuus kaupungin omistamasta peltoalueesta on vastaavasti 171 ha (52 %) ja edelleen koko Helsingin peltoalalle yleistettynä $695 \text{ ha} * 0,52 = 360 \text{ ha}$.

5.3 Hiilikertoimet

Peltojen hiiliasapainon laskemiseksi on käytetty kirjallisuudesta otettuja tasapainokertoimia [9]. Nämä kertoimet sisältävät tiedon maaperän hiilisyötteestä ja -poistumasta, joten niitä voi käyttää pinta-alatiedon kanssa arvioitaessa peltoalueen nettonielua. Kertoimet ovat NEE-kertoimia (Net ecosystem exchange), joilla kuvataan alueen hiiliasapainoa. NEE on kerroin kuviokohtaiselle nettohiilinielulle ja kuvaa kasvillisuuden sitoman hiilidioksidin ja maaperän päästöjen eroa. Erilaisille alueille on omat NEE kertoimensa.

Tässä laskennassa hyödynnetyt kertoimet ovat Ervo-lan ym. (2012) tutkimuksesta:

- Monivuotisille -1,189 t CO₂/ha
- Yksivuotisille 1,468 t CO₂/ha.

5.4 Laskenta

Peltojen kokonaisnettonielu on positiivinen 131 t CO₂, eli pellot toimivat päästölähteenä. Peltojen nettonielu lasketaan kaavalla:

Peltojen nettonielu

= Pinta-ala * NEE-kerroin

= pinta-alamonivuotiset * NEE_{monivuotiset} +
pinta-alayksivuotiset * NEE_{yksivuotiset}

= $335 \text{ ha} * -1,189 \text{ t CO}_2/\text{ha} + 360 \text{ ha} * 1,468 \text{ t CO}_2/\text{ha}$

= -398 kg CO₂ + 529 kg CO₂

= 131 t CO₂

Tulos on oikean suuntainen, sillä peltojen maaperä on Suomessa yleisesti päästölähde [10].

Peltoalueet ovat sijoittuneet eri puolille kaupunkia (kuva 10).

Taulukko 5. Helsingin kaupungin peltojen viljelykasvien jakautuminen yksi- ja monivuotisiin (ha).

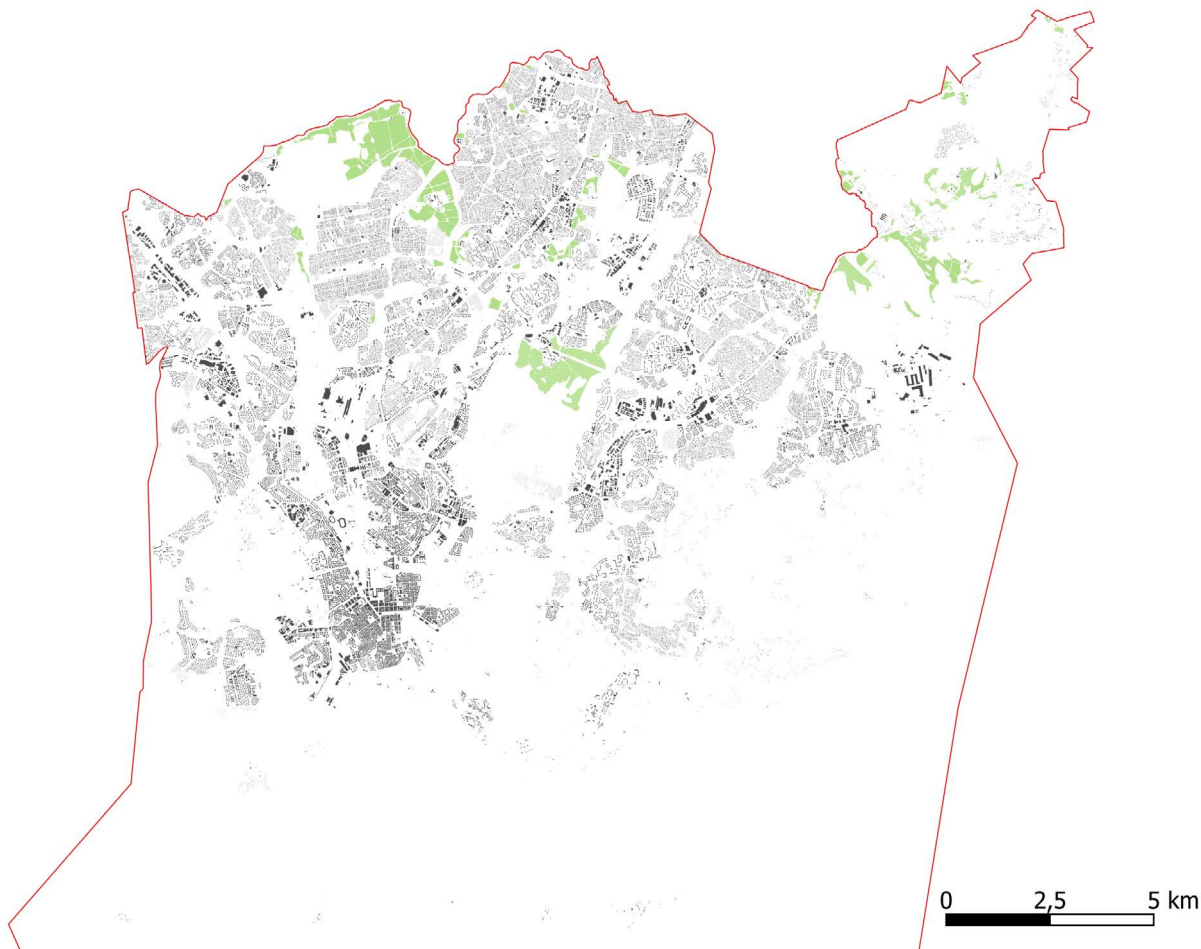
Yksivuotiset		Monivuotiset	
Kasvi	Pinta-ala (ha)	Kasvi	Pinta-ala (ha)
Syysruis	39,55	Viherlannoitusnurmi	32,60
Mallasohra	32,16	Rehunurmi	47,10
Kaura	26,35	Laidunnurmi	0,85
Kevättrypsi	45,93	Viherkesanto (nurmi ja niitty)	78,79
Auringonkukka	3,66	yhteensä	159,34
Tarhaherne, tuoretuotanto	2,68		
Maanparannus- ja saneerauskasviseos	8,89		
Pienet vierekkäiset alat	0,56		
Sänkikesanto	1,65		
Monimuotoisuuskasvit, riista	7,28		
Monimuotoisuuskasvit, pölyttäjät ja maisema	1,21		
Suojakaista	1,49		
yhteensä	171,41		

5.5 Oletukset, epävarmuudet ja tarkennukset

Pellon hiilitaseeseen vaikuttaa maankäytön muutoksen ajankohta. Jos pelto on esimerkiksi juuri raivattu metsästä peltomaaksi, se päästää runsaasti enemmän maaperähiiltä kuin viljelykasvit ehtivät sitoa. Helsingin pellot ovat olleet käyttötarkoituksessaan pitkään, mutta tarkkaa ajankohtaa maankäytön muutokselle ei ole ollut mahdollista selvittää kaikkien osalta. Laskentaa on siis mahdollista tarkentaa tältä osin jatkossa, jos tarvetta.

Laskentaa voi tarkentaa myös jo olemassa olevilla menetelmillä monella tapaa. Esimerkiksi viljelykasvitietojen hakeminen erikseen jokaiselle pellolle ja maankäytön muutoksen ajankohdan selvittäminen

tarkentavat laskentaa. Säätilan mukaan ottaminen tuo sitä enemmän tarkkuutta mitä useammin laskelma tehdään. Jos lasketaan peltojen hiilitase vuosittain, kuluneen kasvukauden sää- ja ilmasto-olosuhteet ovat yksi merkittävimpiä hiilinielun vaikuttavia tekijöitä. Samoin hiilen kierron eri osien, kuten maaperän syötteen ja maaperän päästön selvittäminen voidaan tehdä erikseen. Peltojen hiilinielun suuruus ei kuitenkaan ole merkittävä, joten myös tarkennuksiin kuluvan resurssin tarkoituksenmukaisuutta on syytä arvioida.



Kuva 10. Laskennassa huomioitujen peltoalueiden sijainti.

Lähde: Helsingin kaupunki, Syke (osittain LUKE, MAVI, LIVI, DVV, EU, MML Maastotietokanta 01/2017); Vektoriaineisto Lähde: Syke, EEA, EU/Copernicus.

6 Niittyjen hiilinielu

6.1 Tulosityhteenveto

Niittyjen nettohiilinielu on tämän laskennan mukaan -994 t CO₂/v.

6.2 Pinta-ali tiedot

Pinta-ala tiedot lasketaan kahdesta kaupungin omasta aineistosta. Uuden luonnonhoidon datan niittyalueet, joita ei ole muissa tarkasteltavissa viheralueissa määriteltä ja yleisten alueiden rekisterin niittyluokat. Niittyjen hoitoluokkia ovat B2, B3, B4 ja B5. Niittyjen pinta-ala saadaan laskemalla yhteen B2-B5 hoitoluokkien kuviotiedot.

Niittyjen pinta-ala

= luonnonhoidon data (niittyalueet) + yleisten alueiden rekisteri (niittyluokat)

= 143 ha + 785 ha

= 929 ha

Aluksi hoitoluokat B2-B5 tallennetaan paikkatietovipusen yleisten alueiden rekisteristä. B1 jätetään pois, koska se on peltodataa ja B6 jätetään pois, koska se on ruovikko, eivätkä vesialueet ole mukana laskennassa mukana. Sen jälkeen uudesta luonnonhoidon datasta otetaan samat luokat B2-B5 ja siitä leikataan pois päällekkäiset alueet, jotta näiden kahden aineiston päällekkäiset alat eivät tule laskentaan kahdesti.

Seuraavaksi avataan tasot B2-B5, jotka on haettu paikkatietovipusesta ja uuden luonnonhoidon datan taso, johon on jätetty hoitoluokat B2-B5. Tähän käytetään QGIS:sin 'Eroavuus'-vektoriyökalua, jotta uudesta datasta saadaan ne alueet, jotka eivät ole päällekkäisiä vanhan datan kanssa (vektori > geoprosointi > eroavuus). Kaikille syötetasoille valitaan uusi B-hoitoluokka ja peitetasoille paikkatietovipusen datan B2-B5-luokat. Geopackage tallennetaan tiedostomuodossa nimillä, joilla nämä tasot on mahdollista tunnistaa seuraavaa vaihetta varten.

Sen jälkeen leikkaa-toiminto tehdään vuorotellen kaikkien tehtyjen tasojen kesken (vektori > geoprosointi > leikkaa). Syötetasolle asetetaan B2 (vipusen niittyjen ulkopuoliset niityt) ja peitetasolle

B3 (vipusen niittyjen ulkopuoliset niityt). Kun taso on tehty, sille voi antaa nimen. Sitten käytetään uudelleen leikkaa-toimintoa syötetasona äsken tehty tilapäinen taso ja peitetasona B4 (vipusen niittyjen ulkopuoliset niityt), jolloin tuloksena on toinen tilapäinen taso, joka leikataan vielä kerran. Viimeiseksi leikataan syötetasona uusi taso ja peitetasona B5 (vipusen niittyjen ulkopuoliset niityt). Näin saatu tulostaso on lopullinen taso, jossa on tieto niistä niityistä, jotka on määritelty uudessa luonnonhoidon datassa.

6.3 Hiilikertoimet

Käytettävät kertoimet ovat NEE-kertoimia (Net ecosystem exchange), joilla kuvataan hiilitasapainoa. NEE on kerroin kuviokohtaiselle nettohiilinielulle, mikä on kasvillisuuden sitoman hiilidioksidin ja maaperän päästöjen ero. NEE on yleinen kerroin, jolla nettohiilinielua mitataan ja erilaisille alueille on omat NEE-kertoimensa.

Trémeaun ym. [11] tekemän tutkimuksen mukaan hiilitase, eli NEE-kerroin, on kosteille niityille -151 g CO₂/m²/v ja kuiville niityille -63 g CO₂/m²/v. Koska tarkkaa tietoa niittyjen tyypistä ei ole saatavilla paikallisesti, niittyjen hiilikertoimeksi on otettu näiden keskiarvo: NEE -107 g CO₂/m²/v, eli -1,07 t CO₂/ha/v.

6.4 Laskenta

Niittyalueiden hiilinielulaskenta perustuu niittyalueiden pinta-alaan ja keskiarvoiseen NEE-kertoimeen:

Niittyjen nettohiilinielu

= Pinta-ala * NEE-kerroin

= 929 ha * -1,07 t CO₂/ha/v

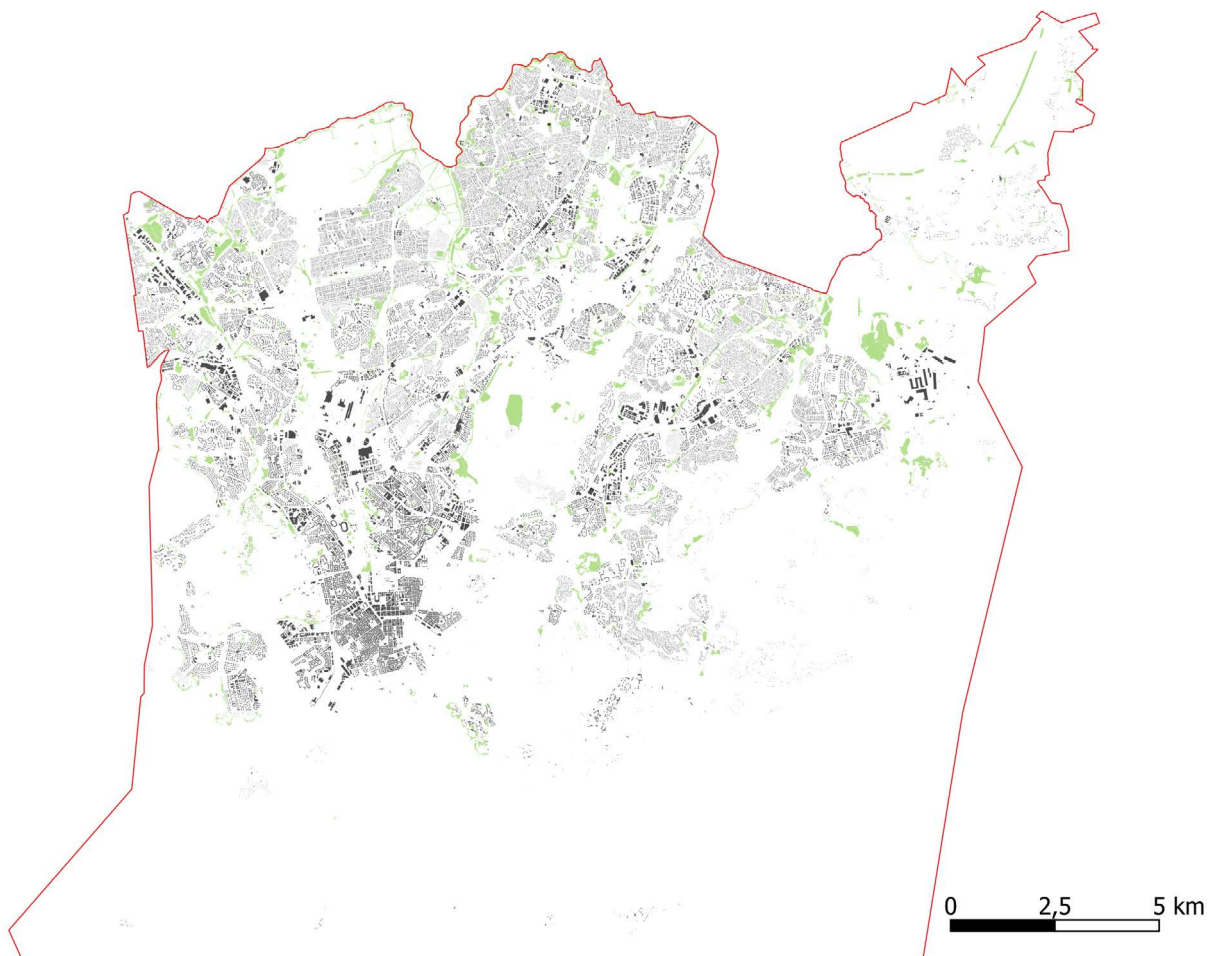
= -994 t CO₂/v

Niittyalueet ovat sijoittuneet eri puolille kaupunkia (kuva 11).

6.5 Oletukset, epävarmuudet ja tarkennukset

Niittyjen osalta yleisin hoitotapa on kasvukauden lopussa niitto ja niittojätteen jättäminen niitylle. On olemassa myös kuivia ketoja, joita ei tarvitse niittää. Hoitotavan eroja ei ole otettu tässä laskennassa huomioon. Hoitotavalla tarkoitetaan tässä niittokertojen määrää ja niittojätteen keräystapaa, jotka ovat kaupungilla saatavilla olevaa dataa. Näiden huomioimisen merkitys on pieni, mutta tulee vaikuttamaan tulokseen nettohiilun kokoa pienentävästi, koska niittojäte on sidotun hiilen poistumaa alueelta.

Niittojätteen keräystavan lisäksi laskentaa voi tarkentaa jatkossa lisäämällä laskentaan sään vaikutus, sillä kasvukauden lämpötila ja sademäärä vaikuttavat kasvuun suuresti. Laskentaa voi tarkentaa myös lajistotiedolla, sillä niityn monimuotoisuus vaikuttaa sen hiilensidontaan [12].



Kuva 11. Laskennassa huomioitujen niittyalueiden sijainti.

Lähde: Helsingin kaupunki.

7 Puistojen hiilinielu

7.1 Tulosityhteenveto

Puistoalueiden hiilinielu on tämän laskennan mukaan -1 374 t CO₂.

Puistoalueiden hiilinielun laskenta on haastavaa ole-massa olevan datan perusteella, sillä käytettävissä ei ole aineistoa, jossa määritellään puistojen pinta-alan sisältötiedot paikkatietona. Tosin sanoen hiilensidon-taan eniten vaikuttava tekijä, eli puuston määrä ei ole tiedossa puistoalueilla. Puistojen nurmialueiden nettonielu myös vaihtelee sen mukaan, kastellaanko nurmialuetta, mutta kasteltavan nurmen määrästä ei löydy tietoa. Helsingissä kasteltua nurmea on vain vähän.

Puistojen puuston arviointi on tehty rakennusviraston raportissa [2] tehtyjen yleistysten mukaan, jolloin on saatu arvio puistojen hiilensidonnasta myös puut huomioiden.

7.2 Pinta-ala- ja tilavuustiedot

Puistojen pinta-ala on laskettu kaupungin yleisten alueiden rekisteristä löytyvien hoitoluokkien perus-teella. Puistoja on todella vähän kaupungin rajojen sisäpuolisten omistusalueiden ulkopuolella, joten on jätetty huomiotta.

Puistojen pinta-ala yhteensä

= Todella hoidetut puistot (A1) + yleisimmät puistot (A2)
+ ei niin hoidetut puistot (A3)

Kaupungin omistamat puistot

Puistojen pinta-ala

= kaupungin omistamat puistot

= kaupungin kuviotieto

= 923 ha

Pinta-ala jakautuu hoitoluokkiin A1 = 13,7 ha (1,5 %), A2 = 543,7 ha (58,9 %) ja A3 = 366 ha (39,6 %).

Puistoihin on laskettu mukaan Yleisten alueiden rekisterin puistojen hoitoluokat. Corine-aineiston puistot ja uuden luonnonhoidon datan puistoalueet

ovat mittaluokaltaan niin pieniä, ettei niitä lasketa mukaan, eikä niitä ole välttämätöntä huomioida jatkossakaan, elleivät viheralueista vastaavat niin suosittele. Tämä johtuu siitä, että puisto on alue, jota jonkun täytyy ylläpitää ja hoitaa, jotta se pysyy käyttö-tarkoitukseltaan samanlaisena. Näin ollen muita kuin julkisia kaupungin puistoja ei juurikaan ole.

Yleisten alueiden rekisterin puistot

Ladataan paikkatietovipusesta GeoPackagena A1–A3-luokat eli puistomaiset hoitoluokat.

- A1 = todella hoidettu puisto,
- A2 = yleisin normaali puisto,
- A3 = vähemmän hoidettu normaali puisto.

Tasot A1, A2 ja A3 avataan QGIS-ohjelmassa ja lasketaan niiden pinta-alat komennolla 'kenttien tilastolliset tunnusluvut' (löytyy vektori > analyysit) ajamalla eräajona kaikki kolme tasoa samalla kertaa. Yleisten alueiden rekisterin puistoalueiden pinta-ala on yhteensä 923 ha.

7.3 Hiilikertoimet

Laskennassa käytetään puistoille samaa hiilikerrointa kuin lehtipuuvaltaisille metsille, eli -1,4884 t CO₂/m³ ja kasvukerrointa 1 m³/v [13].

Puustoisille puistoille kertoimet ovat samoja kuin metsillä, mutta niitä käytetään sen mukaan, minkälaisia puistojen puustoisten alueiden arvioidaan olevan. Kattavaa dataa puistopuista ei ole olemassa tällä hetkellä, mutta puistojen puuston arvioidaan olevan lehtipuuvaltaista. Laskenta tehdään seuraavilla rakennusviraston raportin [2] oletuksilla:

"Helsingin kaupungin puistot ovat hyvin vaihtelevia puuston tilavuudelta ja puiden ikäjakaumaltaan. [...] Puistopuiden varastoiman hiilidioksidin määrittelemiseksi arvioitiin, että puistojen puiden keskimääräinen tilavuus vaihtelee 30–50 m³/ha välillä. Joissakin puistoissa puuston tilavuus on vain muutamia kuutioita hehtaarilla, ja siellä täällä pienillä metsämäisillä puistolohkoilla jopa reilusti yli 100 m³/ha:lle. Puusto puistoissa on lehtipuuvaltaista, joten

puulajikohtaisena kertoimena käytettiin koivun ja muiden lehtipuiden kerrointa (0,5490 Mg/m³). Lisäksi puistopuiden hiilinielujen laskemiseksi tehtiin oletus, että puistojen puusto kasvaa vuodessa 1 m³/ha, joka on vain noin viidesosa metsäpuiden keskimääräisestä vuotuisesta kasvusta. Puistoalueilla puut kasvavat väljästi ja niiden lukumäärä ja kokonaistilavuus kuutioina on keskimäärin merkittävästi pienempi kuin tasaikäisessä talousmetsässä hehtaaria kohti. Siksi ymmärrettävästi myöskään vuosikasvu ei yllä läheskään talousmetsien tuotokseen hehtaaria kohden. [...] Puistopuiden todellista tilavuuskasvua ei tunneta ja sen määrittäminen puistoalueiden puuston suuren vaihtelun vuoksi on myös hankalaa, siksi tässä jouduttiin tyytymään vuotuisen kasvun arvioon. Metsämaan tavoin myös puistojen maaperä sitoo hiilidioksidia. Tässä laskelmassa ei puistojen maaperän hiilidioksidisidontaa ole arvioitu johtuen puistopuiden laskennan karkeista rajauksista.”

7.4 Laskenta

Puistopuiden huomioimiseen käytetään samaa arvioihin perustuvaa menetelmää kuin rakennusviraston raportin esiselvityksessä [2] vaihtuen hiilikerroin tässä selvityksessä käytettyyn lehtipuun kertoimeen -1,4884 t CO₂/m³. Laskenta tehdään samanlaisen kaavan mukaan. Rakennusviraston [2] arvio puiden tilavuuden vaihteluvälistä (30–50 m³) pysyy samana, mutta tulosten esittämisessä käytetään näiden keskiarvoa.

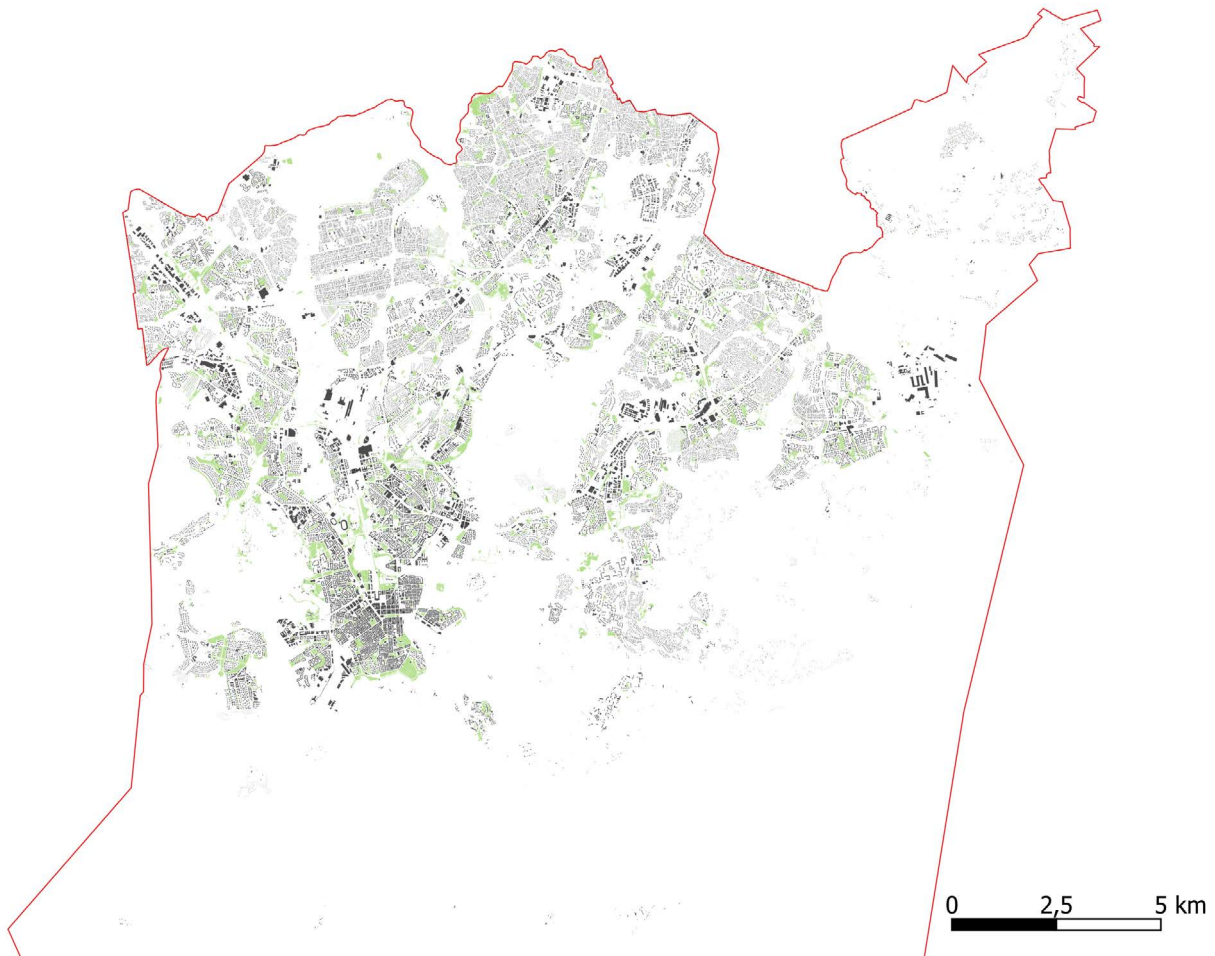
Puistopuuston tilavuuden kasvu

$$\begin{aligned}
 &= \text{puistojen pinta-ala} \times \text{tilavuuden kasvukerroin} \\
 &= 923 \text{ ha} \times 1 \text{ m}^3/\text{ha/v} \\
 &= 923 \text{ m}^3/\text{ha}
 \end{aligned}$$

Puistojen hiilinielu

$$\begin{aligned}
 &= \text{puuston tilavuuden kasvu} \times \text{hiilikerroin} \\
 &= 923 \text{ m}^3 \times -1,4884 \text{ t CO}_2/\text{m}^3 \\
 &= -1\,374 \text{ t CO}_2
 \end{aligned}$$

Puistoalueet ovat sijoittuneet eri puolille kaupunkia (kuva 12).



Kuva 12. Laskennassa huomioitujen puistoalueiden sijainti.

Lähde: Helsingin kaupunki.

7.5 Oletukset, epävarmuudet ja tarkennukset

Puistoalueiden hiilinielun laskenta on haastavaa olemassa olevan datan perusteella, sillä käytettävissä olevassa aineistossa ei määritellä puistojen pinta-alan sisältötietoja paikkatietona. Tosin sanoen puistoalueiden hiilensidontaan eniten vaikuttava tekijä, eli puuston määrä, ei ole tiedossa. Laskentaa on mahdollista tarkentaa jatkossa puuston määrään sekä ikä- ja puulajijakaumatiedon osalta.

Puistojen nurmialueiden nettonielu vaihtelee sen mukaan, kastellaanko nurmialuetta. Kasteltavan nurmen määrästä ei ole kuitenkaan tällä hetkellä saatavissa systemaattista tietoa. Lisäksi laskentaa on jatkossa mahdollista tarkentaa lisäämällä siihen paikallisesti tarkka sää- ja ilmasto-olosuhteiden vaikutus. Nämä ovat kuitenkin puistoalueiden hiilinielun kokonaismerkitys huomioiden pieniä.

Paikkatietovipusen puurekisteri sisältää katu- ja puisto- ja puutietoja, mutta sen tieto ei ole riittävän kattavaa siitä saatavien tietojen yleistämiseksi. Inventointi keskittyy vanhojen puiden hoitotarpeen arviointiin sekä vasta istutetuista puista istutuksen yhteydessä kirjattuihin tietoihin.

8 Maaperän hiilinielu

8.1 Tulosityhteenvedo

Maaperän hiilitase riippuu aina siitä, mitä siinä kasvaa. Ilman kariketta tuottavaa kasvavaa biomassaa maaperä on päästölähde. Maaperälaskenta on huomioitu tässä laskennassa vain metsäalalta. Epätarkkuus maaperän hiilensidonnan sekä hiilen varastoinnin osalta on suurta, koska laskenta perustuu kertoimiin, joiden yhteensopivuutta Helsingin metsämaaperään ei ole pystytty perusteellisesti arvioimaan.

Vanhoilla metsillä on nuoria metsiä suurempi kari-kesadanta, mikä kasvattaa maaperän nielua, vaikka puuston nielu onkin pienempi. Tämä maaperän nielun kasvu ei yllä samalle tasolle kuin nuoren metsän kasvun sitoma hiili. Vanhoissa metsissä puuston kuollessa muodostuva lahoppu varastoi hiiltä aikansa, mutta hajotessaan se muuttuu hiililähteeksi.

8.2 Pinta-ali tiedot

Tässä luvussa on laskettu Helsingin peltojen ja metsien maaperätiedot. Turvemaiden määrä on niin pieni (1,4 % metsämaasta), ettei sitä huomioida tässä laskennassa.

Maaperätiedot haetaan kaupungin WFS-rajapinnasta tasolta 'maaperakartta_alue'. Peltojen osalta maaperäkarta leikataan ensin hoitoluokan B1 (pellot) mukaan, jolloin saadaan luonnonhoidon datan maaperätiedot. Sitten leikataan maaperäkarta näiden luotujen omistusalueiden ulkopuolisten Corine-aineiston peltopikselien kanssa.

Metsien osalta maaperäkarta leikataan metsien pinta-ala tietojen mukaan. QGIS laskee automaattisesti pinta-alat '\$area'-komennolla. Tämä ei ole tarpeen, ellei maankäytön muutoksia ole paljon tai ellei laskentaa haluta erityisen tarkaksi metsien maaperän suhteen, koska kaikki pellot ja lähes kaikki metsät sijaitsevat kivennäismaalla. Selitteet maalajiluokkien lyhenteille löytyvät Paikkatietovipusesta maaperäkartan selitteestä (ympäristö ja luonto > geotekniset kartat > maaperäkarta > i > karttamerkkien selitys/lisätietoa).

Pinta-alan laskemiseksi avataan attribuuttitaulun kentän arvojen laskin. Aluksi luodaan uusi kenttä, jolle annetaan nimeksi pinta-ala ja tuloskentän tyyppiä valitaan desimaaliluku. Lausekekenttään lisätään teksti: 'round(\$area,1)', jolloin kenttä laskee pinta-ala neliömetreinä yhden desimaalin tarkkuudella. Seuraavaksi etsitään Excelissä suodata-toiminnolla turvemaat (tv), joiden ala lasketaan yhteen. Tuloksena pelloilla ei ole lainkaan turvemaata. Metsistä yhteensä 76 ha sijaitsee orgaanisella maalla ja loput kivennäismaalla.

8.3 Hiilikertoimet

Käytetyt hiilikertoimet periaatteineen on kuvattu tarkemmin luvussa 4.6.

8.4 Laskenta

Maaperän hiilenkierto liittyy aina siinä kasvavaan kasvillisuuteen, eikä se ole erillisenä laskuna tarkoituksenmukainen. Koska kaupunkitason maaperänielun laskentaan ei ole tarjolla vakiintunutta tapaa, tässä selvityksessä metsien maaperän hiilivarasto ja nettonielu on laskettu aiemmissakin selvityksissä hyödynnetyn Liskin ja Westmanin [6] oletaman mukaan. Muilla viheralueilla maaperän hiilivarastoa tai hiilitasetta ei lasketa erillisenä, vaan viheralueen hiilitase ottaa maaperän hiilenkierron huomioon.

Maaperän hiilinielun laskenta periaatteineen on kuvattu tarkemmin luvussa 4.6.

8.5 Oletukset, epävarmuudet ja tarkennukset

Metsien maaperähiilen laskenta YASSO-mallilla jatkossa.

9 Yhteenveto

Kaupunkitason hiilinielulaskentaan ja -seurantaan ei ole tarjolla systemaattista ja seurannan mahdollistavaa selkeästi dokumentoitua menetelmää huolimatta siitä, että hiilinielujen merkitys on pitkän aikavälin ilmastotavoitteiden näkökulmasta keskeinen. Hiilinielut ja niiden laskentaperiaatteiden kehittäminen ovatkin kaupungin kannalta keskeisiä.

Tässä raportissa kehitettiin avoin ja systemaattinen menetelmä kaupunkitason viheralueiden luonnollisten hiilinielujen laskentaan ja seurantaan ajantasaisimman ja mahdollisimman paikallisen tiedon pohjalta. Laskennan pohjalta kokonaisnettonielu vuoden 2022 tilanteessa saatavilla olevan tiedon pohjalta oli 73,3 kt CO₂/v. Tämä on 3 % vuoden 2022 kokonaispäästöistä (scope 1 ja 2) ja 10 % vuoden 2030 hiilineutraaliustavoitteen jälkeen jäljelle jäävistä päästöistä. Metsät muodostavat hiilinieluista jopa 97 % muiden alueiden nielujen ollessa huomattavasti pienempiä (niityt 1 %, puistot 2 %, pellot toimivat päästölähteenä).

Saatavilla olevan tiedon eri-ikäisyyden takia seurantalaskentaa ei ole tarkoituksenmukaista tehdä vuosittain ennen laskennan vaatiman tietopohjan kehittämistä.

Laskennan pohjalta korostuu selkeä tarve hiilinielujen säästämiseksi ja lisäämiselle tavoitteisiin pääsemiseksi. Tämän osalta keskeistä on tarve hiilinielujen ja -varastojen lisäämisen keinojen selvittämiseksi mahdollisimman pian ottaen huomioon, että luonnollisten hiilinielujen muodostuminen vie aikaa.

Metsänhoidon vaikutukset Helsingin metsien hiilinieluun

Metsät ovat luonnollisista hiilinieluista merkittävien. Helsingin metsien ikäluokkajakauma on kuitenkin painottunut vanhoihin ikäluokkiin verrattuna esimerkiksi Uudenmaan alueen vastaaviin. Vanhat puut ja metsät ovat arvokkaita hiilivarastoja sekä monimuotoisuudeltaan arvokkaita. Taimikoita ja alle 20-vuotisia metsiä on kuitenkin hyvin vähän ja nuorten voimakkaan kasvun vaiheessa olevien metsien määrä on vähäisempi kuin Uudellamaalla keskimäärin. Tämä pienentää jo nyt Helsingin metsien kasvua ja tulee pienentämään sitä lisää tulevaisuudessa, mikäli uusia nuoria metsiä

ei metsien hoidolla perusteta.

Kaupungilla tehdyn metsänhoidollisen arvioinnin mukaantavoite Helsingin kaupunkimetsien hiilinielun kasvattamisesta on tällä hetkellä ristiriidassa metsien monimuotoisuuden lisäämistavoitteen kanssa, mikäli monimuotoisuuden lisäämiskeinona painotetaan vahvasti metsien hoitamatta jättämistä ja luontaista vanhenemista. Sekä hiilinieluja että luonnon monimuotoisuusarvoja voidaan ylläpitää Helsingin metsissä suunnitelmallisella metsien hoidolla. Tämä tarkoittaa sitä, että luonnon- ja maisemanhoidon suunnitelmissa valitaan luontaisesti vanhenemaan jätettäviä metsäalueita samalla kun muita metsiä hoidetaan suunnitelmallisesti siten, että ne ovat puustoltaan hyvin kasvavia, kestäviä ja uudistuvia kaupunkilaisten ulkoilu- ja virkistysalueita. Tältä pohjalta Helsingin kaupunkimetsien hoitoa tulisi jatkaa siten, että ne säilyttäisivät ja lisääisivät kasvukykyään ja hiilinieluaan samalla kun osa metsistä suojellaan ja jätetään hoito- toimenpiteiden ulkopuolelle.

Helsingin metsien kasvu on vähäisempää kuin Uudellamaalla keskimäärin (syyt kuvattu tarkemmin luvussa 4.2 ja 4.3.2). Koska metsien puuston tilavuus-tieto nojaa Uudenmaan tasoiseen kasvutietoon, laskenta antaa jonkin verran yliarvioidun arvion metsien hiilinielusta.

Laskentamenetelmän rajoitteet

Menetelmien ja laskennan vakiintumattomuuden vuoksi laskennassa on jouduttu pohjaamaan osin oletuksiin ja puutteellisiin paikallistason aineistoihin. Oletukset ja epävarmuudet on raportoitu avoimesti erikseen jokaisen aluetyypin osalta.

Laskentamenetelmän jatkotarkentamistarpeet

Aineistojen ja tutkimustiedon kehittyessä laskentamenetelmää voidaan edelleen tarkentaa. Tarkentamistarpeiden näkökulmasta merkittävimmät ovat:

- kaupungin metsäkuviotiedon ajantasaisuuden parantaminen
- kaupungin metsäkuviotiedon erottelu hiilinielunäkökulmasta (kalliot pois)
- hakkuutietojen tarkkuuden parantaminen

- maanmuokkauksen ja maaperän sisältötietojen tarkkuuden parantaminen
- vesialueiden huomioiminen inventaarilaskennan periaatteiden mahdollisesti muuttuessa
- piha-alueiden huomioiminen osana laskentaa
- paikallisten toteutuneiden säätietojen huomioiminen.

Laskentatulosten kannalta vähemmän merkittävät tarkentamistarpeet ovat:

- puistopuiden tietojen systematisointi
- suojelualueiden tarkempi inventointi
- muiden viheralueiden hoitotoimien raportoinnin tarkkuuden parantaminen
- katu- ja puistopuiden huomioiminen osana laskentaa
- teknologisten hiilinielujen huomioiminen (toistaiseksi pieni, kasvaa jatkossa).

Laskentamenetelmän soveltamismahdollisuudet

Laskentamenetelmää voi hyödyntää vuosittaisen seurannan lisäksi esimerkiksi tarkentavien aluekohtaisten laskentojen pohjana maankäytön muutosten vaikutuksia arvioitaessa vertaamalla nykytilannetta eri skenaarioihin.

Lähteet

[1] **Helsingin kaupunki.** (2021). *Helsingin kaupunkistrategia 2021–2025 – Kasvun paikka*. Viitattu: 1.2.2024. Saatavilla: <https://www.hel.fi/fi/paatoksen-teko-ja-hallinto/strategia-ja-talous/strategia>.

[2] **Helsingin kaupunki.** (2010). *Esiselvitys. Rakenusviraston vaikutukset ilmastonmuutokseen sekä arvio yleisten alueiden rakentamisen ja ylläpidon sopeutumistoimista*. (ei julkinen).

[3] **Helsingin kaupunki.** (2014). *Kuntien hiilitasekartoitusta osa 1: Helsingin, Lahden, Turun, Vantaan ja Espoon maankäyttösektorin kasvihuonekaasupäästöt, hiilinielut ja hiilivarastot*. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 9/2014.

[4] **HSY.** (2020). *Selvitys pääkaupunkiseudun hiilinieluista ja -varastoista*. Loppuraportti. Viitattu: 2.2.2024. Saatavilla: <https://julkaisu.hsy.fi/selvitys-paakaupunkiseudun-hiilinieluista-ja-varastoista.html>.

[5] **Helsingin kaupunki.** (2023). *Luonnonhoidon periaatteet osa 1: Metsät*. Raporttiluonnos. (ei julkinen).

[6] **Liski, J. & Westman, C.J.** (1997). Carbon storage in forest soil of Finland. 2. Size and regional pattern. *Biogeochemistry*, 36, 261–274. <https://doi.org/10.1023/A:1005742523056>.

[7] **Hansson, K.; Fröberg, M.; Helmisaari, H.S.; Kleja, D.B.; Olsson, B.A.; Olsson, M. & Persson, T.** (2013). Carbon and nitrogen pools and fluxes above and below ground in spruce, pine and birch stands in southern Sweden. *Forest Ecology and Management*, 309, 28–35. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.05.029>.

[8] **Kolari, P.; Pumpanen, J.; Rannik, Ü.; Ilvesniemi, H.; Hari, P. & Berninger, F.** (2004). Carbon balance of different aged Scots pine forests in Southern Finland. *Global Change Biology*, 10(7), 1106–1119. <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2003.00797.x>.

[9] **Ervola, A.; Lankoski, J.; Ollikainen, M. & Mikkola, H.J.** (2012). Agriculture and climate change: The socially optimal production, land use, and GHG emissions. *Food Economics*, 9(1–2), 10–24. <https://doi.org/10.1080/16507541.2012.695120>.

[10] **Hakala, K.; Heikkinen, J.; Sinkko, T. & Pahkala, K.** (2016). Field trial results of straw yield with different harvesting methods, and modelled effects on soil organic carbon. A case study from Southern Finland. *Biomass and Bioenergy*, 95, 8–18. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2016.08.021>.

[11] **Trémeau, J.; Olascoaga, B.; Backman, L.; Karvinen, E.; Vekuri, H. & Kulmala, L.** (2023). Lawns and meadows in urban green space—A comparison from greenhouse gas, drought resilience and biodiversity perspectives. *Biogeosciences Discussions*, 2023, 1–25. <https://doi.org/10.5194/bg-2023-107>.

[12] **Fornara, D.A. & Tilman, D.** (2008). Plant functional composition influences rates of soil carbon and nitrogen accumulation. *Journal of Ecology*, 96(2), 314–322. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2007.01345.x>.

[13] **Tilastokeskus.** (2014). *Greenhouse gas emissions in Finland 1990–2012*. National Inventory Report under the UNFCCC and the Kyoto Protocol. Viitattu: 12.2.2024. Saatavilla: <https://unfccc.int/process/transparency-and-reporting/reporting-and-review-under-the-convention/greenhouse-gas-inventories/submissions-of-annual-greenhouse-gas-inventories-for-2017/submissions-of-annual-ghg-inventories-2014>.

[14] **Luke.** (2021). *Valtakunnan metsien inventointi*. Viitattu: 19.2.2024. Saatavilla: <https://vmilapa.luke.fi/#/?locale=fi-FI>.

Liite 1: Käsitteet

Hiilen C ja hiilidioksidin CO₂ suhde hiilensidontan keskustelussa. Puhekielessä hiili toistuu eri käsitteissä, mutta laskennallisesti yleensä lasketaan hiilidioksidin määriä. Esimerkiksi tässä työssä hiilitase ilmoitetaan hiilidioksiditonneissa. Näiden atomirakenteiden moolipainosuhteella voidaan muuttaa yksikkö hiileksi tai hiilidioksidiksi. Hiilen atomimassa on 12 ja hapen atomimassa on 16. Näin ollen hiilidioksidin atomimassa on (12+16+16) 44. Hiilen ja hiilidioksidin suhdeluku $12/44=3,6667$ toimii kertoimena yksikkömuunnoksessa.

Hiilensidonta/ Hiilinielu on prosessi, joka tapahtuu orgaanisen aineen kasvun yhteydessä. Esimerkiksi puu sitoo kasvaessaan hiiltä ja lahotessaan se vapauttaa sen takaisin kiertoon. Myös maaperä on monilla viheralueilla hiilinielu, kun karikesadannan syöte maaperään on suurempaa kuin hajoamisprosessissa vapautuva hiili.

Hiilisyöte on maaperän hiilivarastoa kasvattava orgaaninen aines, karikesadanta, johon kuuluvat mm. lehdet ja neulaset. Jos hiilisyöte on suurempaa kuin hajoamisen vapauttama hiili, maaperä on hiilinielu.

Hiilivarasto on hiilen sitoutuminen elottomaan ja eloperäiseen ainekseen. Esimerkiksi metsässä hiiltä on varastoitunut eniten maaperään, mutta myös puut sitovat runsaasti hiiltä. Hiilivarastoa lasketaan usein erikseen tietyille erikseen määritellyille pitkäaikaisille varastoille. Tässä työssä lasketaan metsän puuston ja metsämaaperän hiilivarastot.

Nettonielu/ Hiilitase on jonkin alueen tasapaino hiilen sidonnassa. Jos hiilitase on negatiivinen, alue on nielu ja jos positiivinen, alue on päästölähde (positiivinen nettonielu).

Positiivinen nettonielu tarkoittaa päästölähdettä. Alue on päästölähde, kun sen kasvillisuuden sitoma hiili on pienempää kuin maaperästä vapautuva hiili.

Liite 2: Aineistot

Corine. CORINE 2018 sivulta: Corine maanpeite 2018 - Corine maanpeite 2018 - Aineistot - Syken metatietopalvelu (ymparisto.fi) (Tiedosto on nimetty sivulla ”Syke:n avoin tieto -palvelu”. Sivulla on kaksi saman nimistä tiedostoa. Toinen sisältää rasteripikselit, jotka tarvitaan käyttöön ja toinen laajoja vektoritasoja, joita ei nyt tarvita.

Hila. Metsävaratiedot | Metsäkeskus (metsakeskus.fi).

Kaupungin metsädata. Uusin metsänhoito- ja täydentävä muu luonnonhoitoaineisto on saatu kaupungin yhteyshenkilöltä. Metsäalueille on tässä kaikkein tuoreimmat tiedot. Muut alueet on haettu paikkatietovipusesta (Paikkatietovipunen > Aineistot > Kadut ja puistot > Yleisten alueiden rekisteri > Teemat > Viherosien hoitoluokat: Puistot A1-A3, Pellot B1, Niityt B2-B5).

Metsävaratieto. Metsävaratiedot | Metsäkeskus (metsakeskus.fi). Ohje metsävaratietojen käsittelyyn (tietoa myös GeoPackage -tiedostomuodosta): Avoin metsätieto-Metsävarakuvio GeoPackage-ohje (metsakeskus.fi).

VMI. MVMI Luke MVMI latauspalvelu Valitaan erikseen männyn, kuusen, koivun ja muun lehtipuun data Helsingin alueelta (ruutu L4) yksitellen. Tämän jälkeen ladataan sähköpostiin saapuvasta linkistä pakatut tiedostot.

Liite 3: Ohjelmat

Foresta. Metsänomistaja voi ennustaa metsänkasvua eri hoitotoimilla.

Motti. Luken tuottama metsänkasvun simulaattori, josta ei tällä hetkellä ole mitään versiota käytössä. Uusi julkaistaan pian, jolloin tätä kannattaa käyttää myös kaupungin hiilitaselaskennassa metsien tilavuuskasvun arvioimiseen.

QGIS. Kaupungin käyttämä paikkatieto-ohjelma. Tätä selvitystä varten tarvitaan perustason käytön osaamista.

Tapio. Tarjoaa hiilinielujen laskentaa yksityisille metsänomistajille. Tapion käyttämän menetelmän tutkiminen voisi olla hyvä vertailukohta tämän laskelman menetelmiin.

Yasso. Ilmatieteen laitoksen tuottama maaperän orgaanisen hiilen kiertoa simuloiva malli, jonka käyttö toisi lisätarkkuutta myös näihin laskelmiin.

Helsinki