



Hiedanrannan hiilinielut ja hiilinielujen lisäämisen keinot

Leena Järvi, Liisa Kulmala, Hei S Lee, Mari Ariluoma, Minttu Havu
ja Ranja Hautamäki

Hiedanrannan hiilinielut ja hiilinielujen lisäämisen keinot

Leena Järvi, Liisa Kulmala, Hei S Lee, Mari Ariluoma,
Minttu Havu ja Ranja Hautamäki



CO-CARBON

www.cocarbon.fi

Kirjoittajat: Leena Järvi¹, Liisa Kulmala², Hei S Lee¹, Mari Ariluoma³, Minttu Havu¹ ja Ranja Hautamäki²

Organisaatiot: ¹Helsingin yliopisto; ²Ilmatieteen laitos; ³Aalto yliopisto

Kuvat: Kirjoittajat

Julkaisu vuosi: 2024

CO-CARBON on monitieteinen tutkimushanke, jonka tavoitteena on kvantifioida kaupunkien vihervarojen hiilivarastoja eri mittakaavoissa käyttämällä uusia mittauksia ja prosessipohjaisia malleja. Hankkeessa ilmakehä-, maaperä- ja yhteiskuntatieteilijät tekevät yhteistyötä maisemasuunnittelijoiden ja kaupunkisuunnittelijoiden kanssa. Hankkeessa kehitetään uusia ratkaisuja ja tietoa hiilidioksidipäästöiltään viisaan kaupungin viherinfrastruktuurin suunnittelua, toteuttamista ja ylläpitoa varten. Tämä tehdään yhteistyössä hankekumppaneiden, kansalaisten, yritysten ja kaupunkisuunnittelijoiden kanssa.

Hankkeen toteuttaa Helsingin yliopiston, Aalto-yliopiston, Ilmatieteen laitoksen, Hämeen ammattikorkeakoulun (HAMK) ja Kööpenhaminan yliopiston muodostama konsortio. CO-CARBON-hanketta rahoittaa Suomen Akatemian yhteyteen perustettu Strategisen tutkimuksen neuvosto.

Sisällysluettelo

Tiivistelmä	5
1. Johdanto	6
2. Menetelmät	7
3. Tulokset ja niiden tarkastelu	9
3.1 Hiedanrannan alueen hiilensidonnin ja viheralueiden luonnollisten päästöjen suuruus	9
3.2 Korttelipihojen suunnitteluratkaisujen vaikutukset hiilidioksidin vaihtoon	10
3.3 Puistoalueiden viherratkaisujen vaikutukset hiilensidontaan	12
3.4 Puistoalueiden kasvualustan vaikutukset hiilivarastoihin	14
3.5 Puulajin vaikutus hiilivarastoon	15
3.6 Eri kasvillisuustyyppien hiilensidonta	16
4. Johtopäätökset	17
Lähdeluettelo	20
Liitteet.....	22
Liite A: Hiilen sidonnin, luonnollisten päästöjen ja varastojen mallintaminen	22
Liite B: Kasvualustan vaikutuksen simuloinnit	23
Liite C: Eri kasvillisuustyyppien simuloinnit	24

Tiivistelmä

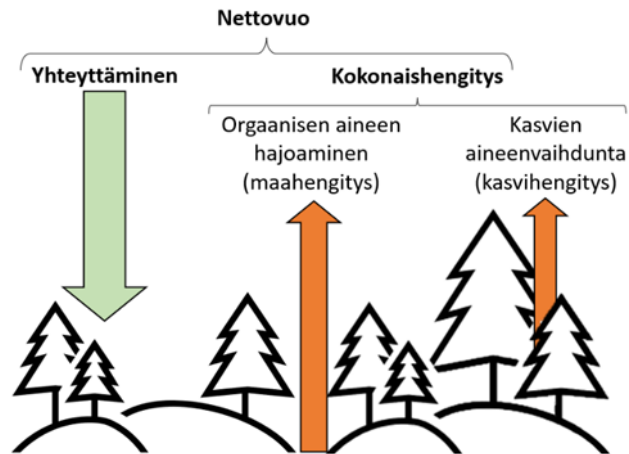
Tämän raportin tarkoituksena on määrittää 1) suunnitteilla olevan Hiedanrannan viheralueiden hiilinielujen voimakkuus ja niiden alueellinen vaihtelu, 2) keinoja kasvattaa kasvillisuuden hiilinieluja kortteleissa ja 3) tehokkaimmat keinot lisätä hiilinieluja ja varastoja puistoalueilla. Korttelipihojen ja puistoalueiden hiilensidontaa kuvaavissa luvuissa ei ole huomioitu kasvualustan tai maaperän luonnollisia päästöjä, tai viheralueiden rakentamisesta ja ylläpidosta tulevia päästöjä. Hiedanrannan nykyisten suunnitelmien mukaiset viheralueet sitoisivat vuodessa itseensä arviolta 4600 tonnia hiilidioksidia vastaten 0.3 % arvioiduista alueen käyttöaikaisista kulutuksen, liikkumisen ja energiantuotannon päästöistä. Korttelialueilla tehokkaimmat keinot lisätä hiilinieluja oli puiden määrän lisääminen ja puistoalueilla erityisesti isojen puiden tiheyden kasvattaminen. Yleisesti maanvaraisen kasvillisuuden lisäämistä tulisi suosia mieluummin kuin esimerkiksi kasvikatkoja. Niittyjen lisäämisellä ei ole merkittävää vaikutusta viheralueiden hiilensidontaan. Esimerkiksi 50 vuoden ajanjaksolla puusto nurmikolla sitoisi hiilidioksidia neliometriä kohden 115 kg ja vastaavasti niityllä 105 kg. Tiheämmin istutetuilla suurilla puilla voidaan Hiedanrannan hiilinieluja kasvattaa 18 %. Maaperän osuus hiilivarastosta oli huomattava: nurmikolla 71 % ja niityllä 57 % puistoalueen hiilivarastosta. Tutkimuksessa kasvualustan merkitys hiilensidonnassa ja varastoinnissa on merkittävä. Hiilirikas eli paljon orgaanista ainesta sisältävä kasvualusta hajoaa nopeasti ilmakehään, ja kasvillisuudella saattaa kestää vuosia sitoa sitä takaisin. Keskeinen kysymys on, mistä kasvualustassa käytetty orgaaninen aines on peräisin: jos kasvualustassa on käytetty jätteestä valmistettua kompostia, päästöt ilmakehään tapahtuisivat joka tapauksessa, ja näin näennäisesti kielteiset päästöt ilmakehään ovatkin lopulta myönteisiä. Hiedanrannan tutkimus osoittaa, että hiiliviisailta ratkaisuilla voidaan vahvistaa hiilinieluja ja tukea hiilineutraaliuden tavoitetta. Tämä koskee sekä viherrakenteen määrää että laatua kaupunkisuunnittelussa.

1. Johdanto

Kaupunkien viheralueilla on olennainen rooli kaupunkien ilmastotyössä ja hiilidioksidipäästöjen sitomisessa. On arvioitu, että Helsingissä vuosina 2015–2019 kaupunkiluonto sitoi 7 % kaupungin hiilidioksidipäästöistä (Havu ym. 2023). Kaupunkien ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi on oleellista löytää tehokkaimmat keinot, joilla kaupunkiluonnon hiilensidontaa saadaan vahvistettua ja lisättyä. Jo uusien alueiden suunnitteluvaiheessa on pohdittava ratkaisuja, joilla hiilinielut ja varastot kaupungin sisällä tai tietyllä alueella saadaan maksimoitua. Tampereelle on suunnitteilla uusi Hiedanrannan asuinalue, jonka pyrkimyksenä on olla hiilineutraali. Tukeakseen Hiedanrannan kunnianhimoisia ilmastosuunnitelmia strategisen tutkimuksen neuvoston rahoittama CO-CARBON hanke on arvioinut Hiedanrannan tulevaisuuden hiilinielut sekä pohtinut keinoja, joiden avulla hiilinieluja ja -varastoja (Kuva 1) saadaan lisättyä sekä kasvillisuuteen että maaperään. Tämän raportin tarkoituksena on 1) kuvata kuinka viheralueiden hiilidioksidin luonnolliset päästöt ja hiilensidonta käyttäytyvät Hiedanrannan alueella, 2) määrittää kuinka korttelipihojen hiilinieluja voitaisiin lisätä erilaisilla suunnittelun ratkaisulla, sekä 3) selvittää minkälainen vaikutus erilaisilla suunnitteluratkaisulla, huomioiden sekä maanpäällisen viherrakentamisen, että maaperän, on hiilidioksidin nieluihin ja varastoihin.

Tarkastelun laativat Leena Järvi, Liisa Kulmala, Hei S (Michael) Lee, Mari Ariluoma, Minttu Havu, ja Ranja Hautamäki. Kaupungilta työn valmistelussa ovat olleet mukana Anna Levonmaa sekä Kaisa Mustajärvi ja Hiedanrannan Kehitys Oy:n puolelta Reijo Väliharju ja Saara Melama. Lisäksi työssä ovat olleet mukana Hiedanrannan viherrakenteita suunnittelevat konsultit: maisema-arkkitehti Milla Hakari Loci Maisema-arkkitehdit -toimistosta sekä Aino Karilas ja Anu Riikonen Sitowise-toimistosta.

Tässä työssä tarkastellaan puhtaasti Hiedanrannan viheralueiden hiilidioksidin vaihtoa eli nettovuota ilmakehän ja viheraleuiden välillä (Kuva 1), ja mukana ei ole esimerkiksi viheralueiden rakentamisesta ja ylläpidosta aiheutuvia päästöjä. Nettovuo muodostuu yhteyttämisestä (hiilensidonta) sekä maaperän ja kasvillisuuden kokonaishengityksestä (luonnolliset hiilipäästöt). Hiilidioksidin nettovuo voi olla negatiivinen, jolloin viheralueet toimivat hiilinieluna tai positiivinen, jolloin kokonaishengitys on suurempaa kuin hiilensidonta. Hiilidioksidin vaihdon lisäksi tarkastelemme maanpäällisen kasvillisuuden ja maaperän hiilivarastoja.

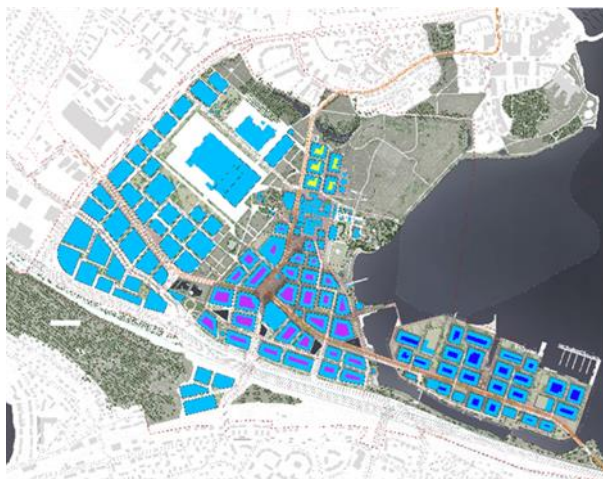


Kuva 1. Hiilidioksidin vaihto eli nettovuo eri ekosysteemien ja ilmakehän välillä on kokonaishengityksen ja yhteyttämisin erotus. Kokonaishengitys muodostuu orgaanisen aineen hajoamisesta ja kasvien omasta aineenvaihdunnasta aiheutuvista, luonnollisista CO₂ päästöistä.

2. Menetelmät

Hiedanrannan viheralueiden hiilidioksidin vaihdon ja varastojen malliajot voidaan jakaa neljään ryhmään:

- 1) **Hiilensidonnin ja viheralueiden luonnollisten päästöjen alueellinen vaihtelu** Hiedanrannan alueella (Kuva 2) käyttäen SUEWS-mallia (Järvi et al. 2019, Liite A) 100 m resoluutiolla.
- 2) **Korttelipihojen hiilensidonnin ja luonnollisten päästöjen** voimakkuuden tarkastelu erilaisilla suunnittelun ratkaisulla (pelastautumistie, puiden määrä ja kasvikatot; Taulukko 1) SUEWS-mallin avulla.
- 3) **Erilaisten puistoalueratkaisujen vaikutus hiilensidontaan sekä viheralueiden luonnollisiin päästöihin** arvioitiin 50-vuoden aikajaksolla (1989–2038) käyttäen SUEWS-mallia hehtaarin kokoiselle alueelle. Kahdeksan erilaisen ratkaisun (Taulukko 2) vaikutukset skaalattiin myös koko Hiedanrannan puistoalueelle.
- 4) **Kasvialustan, puulajin ja eri kasvillisuustyypin (nurmi, niitty, perennat, pensaat, puistot, katupuut) vaikutus hiilensidontaan ja kasvialustan päästöihin** arvioitiin Yasso20-mallilla (Viskari ym. 2022, Liite A) sekä hyödyntäen allometrisiä kasvuyhtälöitä kaupunkipuulle (McPherson ym. 2016) hehtaarin kokoiselle alueelle 50 vuoden ajanjakson yli (1989–2038).



Kuva 2. Hiedanrannan mallitettava alue ja maankäytön jaottelu perustuen Hiedanrannan yleissuunnitelmaan.

Taulukko 1. Maankäytön osuudet eri korttelirakenteiden malliajoissa.

	Rakennukset	Puut	Matala kasvillisuus	Pinnoitettu pinta
Itsepelastautuminen – kasvikatto (Perusajo)	52.4 %	11.6 %	19.0 %	17.0 %
Itsepelastautuminen – ei kasvikattoa	65.9 %	11.6 %	5.5 %	17.0 %
Perinteinen pelastautuminen - kasvikatto	48.0 %	9.7 %	22.4 %	19.8 %
10% enemmän puita	52.4 %	12.8 %	18.4 %	16.4 %
20% enemmän puita	52.4 %	13.9 %	17.8 %	15.9 %
30% enemmän puita	52.4 %	15.1 %	17.2 %	15.3 %

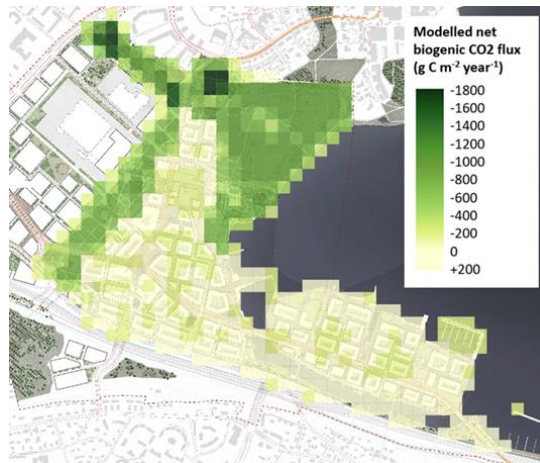
Taulukko 2. Puistoalueiden suunnittelunskenaariot. H = puiden korkeus (m), DBH = rungon paksuus rinnan korkeudelta (cm). Tiheä puusto on määritetty Helsingissä mitattujen suurten puistojen (>8 ha) tiheydestä ja harvempi puusto keskikokoisten puistojen (2.5–8 ha) keskiarvona (Lindén et al. 2020).

Puun koko	Aluskasvillisuus	Puutiheys (puita ha ⁻¹)
Pieni (H = 7.8 m, DBH < 15 cm)	Nurmi	Tiheä (172)
		Harva (144)
	Niitty	Tiheä (172)
		Harva (144)
Iso (H = 11.5 m, DBH < 26.2 cm)	Nurmi	Tiheä (172)
		Harva (144)
	Niitty	Tiheä (172)
		Harva (144)

3. Tulokset ja niiden tarkastelu

3.1 Hiedanrannan alueen hiilensidonnan ja viheralueiden luonnollisten päästöjen suuruus

Hiedanrannan viheralueet, pois lukien alueelle suunnitellut kasvikatot, toimivat nieluna ilman hiilidioksidille sitoen vuodessa arvioilta 4600 tonnia hiilidioksidia. Suurimmat hiilinielut havaitaan olemassa olevilla viheralueilla alueen pohjoisosissa (Kuva 3). Näillä alueilla on suurempi latvustopeittävyys. Tulevan keskuspuiston alueella hiilinielut tulevat alustavien suunnitelmien mukaan olemaan $0.8 \text{ kg C m}^{-2} \text{ vuosi}^{-1}$. Pienimmät hiilinielut havaitaan vastaavasti tiheimmin rakennetuilla korttelipihoilla ja katupuualueilla, joilla hiilinielut ovat pääasiassa lähellä nollaa. Arvioitu hiilinielu on huomattavasti suurempi (75–150 T CO₂-ekv per vuosi) kuin mitä aikaisemmin arvioitu Hiedanrannan alueelle (Savikko ym. 2020). Osa erosta selittyy sillä, että uusissa laskelmissa otetaan huomioon meteorologisten olosuhteiden vaikutus viheralueiden toimintaan ja edelleen hiilinieluihin. Kaupunkikasvillisuus siis sitoo itseensä vuodessa keskimäärin 0.3 % Hiedanrannan alueen käytönaikaisista päästöistä (206 000 T CO₂-ekv) nykyisillä viheraluesuunnitelmilla. Tässä on hyvä huomioida, että laskussa ei ole huomioitu alueelle mahdollisesti rakennettavia kasvikatottoja, joilla hiilinieluja pystytään kasvikatoton laadun mukaan vielä mahdollisesti kasvattamaan. Suurimmat epävarmuudet laskelmissa liittyvät viheralueiden erilaisiin kasvialustoihin, joita käytetty malli ei pysty täysin kattavasti ottamaan huomioon. Malliajoissa metsäisemmällä alueella oletetaan yhteneväinen maaperä, nurmialueilla omansa ja edelleen rakennetun kasvillisuuden alueilla (korttelipihat, katupuu alueet) omanlaisensa (Liite A).



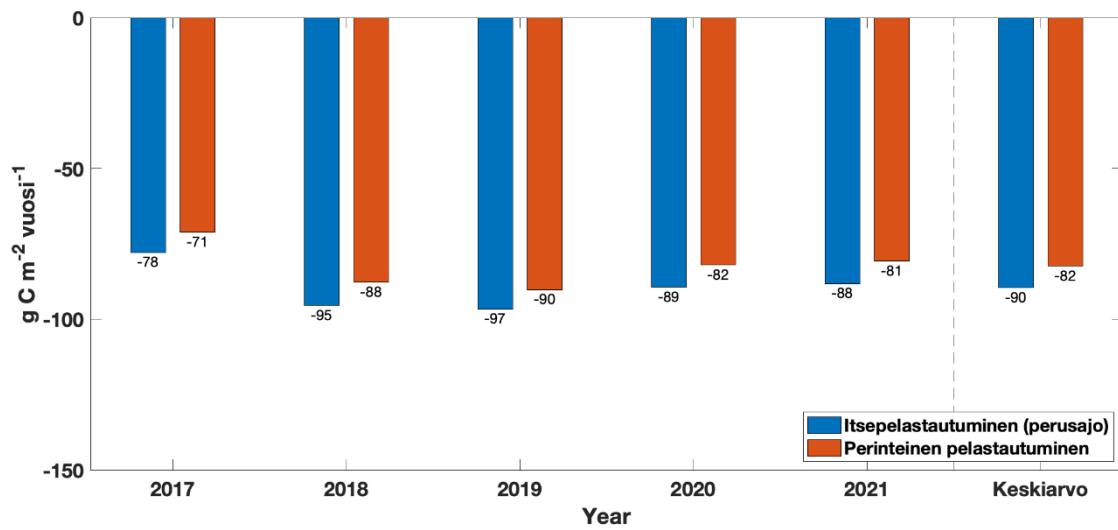
Kuva 3. Mallitettu hiilidioksidin vaihto eli nettovuoto Hiedanrannan alueella 100 m x100 m resoluutiolla. Negatiiviset arvot tarkoittavat hiilinielua ja positiiviset arvot sitä, että kasvialustan ja kasvillisuuden luonnolliset päästöt ovat yhteensä suurempia kuin yhteyttäminen – mitä tummempi vihreän sävy, sitä isompi hiilinielu.

3.2 Korttelipihojen suunnitteluratkaisujen vaikutukset hiilidioksidin vaihtoon

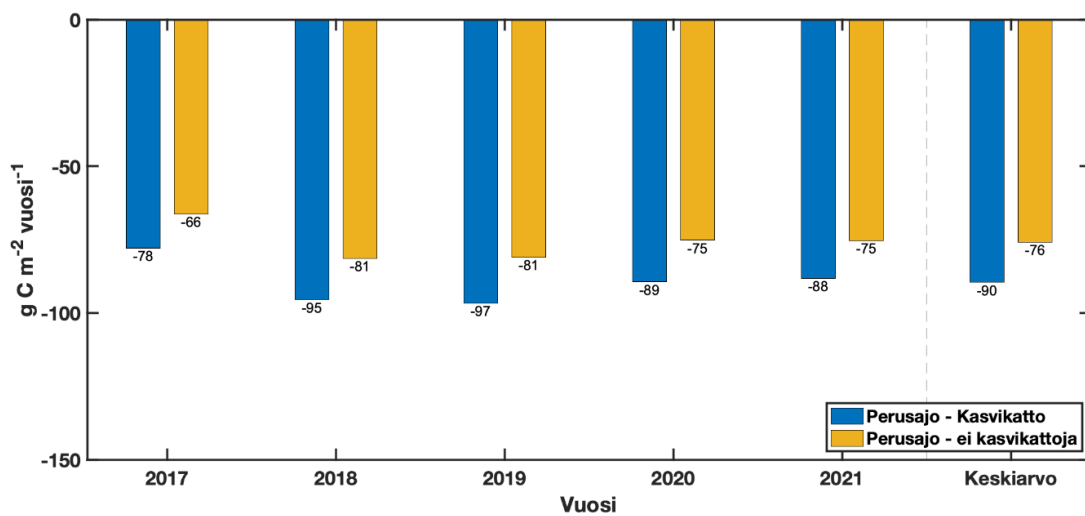
Tutkimme SUEWS-mallin avulla, kuinka paljon erilaisilla suunnittelun ratkaisuilla voidaan lisätä tai vähentää korttelipihojen hiilinieluja. Otimme perusajoksi suunnitelman (Taulukko 1), jossa sisäpihalla ei ole pelastusajoneuvon nostopaikkoja ja siten sinne mahtuu enemmän kasvillisuutta ja suurempia puita. Vaihtoehtoisessa suunnitelmassa korttelipihalle on esitetty pelastusreitti ja nostopaikka. Näiden lisäksi tutkimme, mikä vaikutus kasvikatoilla on korttelipihan hiilinieluihin poistamalla perusajosta kasvikatot sekä mikä on puiden vaikutus lisäämällä suunnitelmaan puita 10, 20 ja 30 %. Malliajoissa kasvikatot oletetaan olevan elinvoimainen heinikko, jossa on vain vähän näkyvää maaperää.

Omatoimisen pelastautumisen suunnitelmassa, joka mahdollistaisi suurempia puita (suurien puiden korkeus 10-13 m ja pienten puiden <10 m) enemmän (Taulukko 1), hiilinielut olisivat keskimäärin 9 % suurempia kuin nostopaikallisessa pelastautumissuunnitelmassa (Kuva 4). Tämä suhteellisen pieni hiilinielujen kasvu johtuu puiden määrän ja latvustopeittävyyden maltillisesta kasvusta näiden kahden suunnitelman välillä. Omatoimisen pelastautumisen suunnitelmassa kasvikatot pinta-ala oli 13.5 % koko mallitettavan alueen pinta-alasta. Jos kasvikatot ei olisi, niin hiilinielut olisivat 15.6 % pienemmät. Tässä on hyvä huomioida, että maaperän/kasvialustojen luonnollisiin hiilipäästöihin liittyy suurta epävarmuutta erityisesti kasvikatot osalta, sillä ei ole tarkkaa tietoa katoille tulevien kasvialustojen laadusta. Kasvialustojen koostumus oletettiin tässä samaksi kuin muiden viherrakenteiden. Samoin jos kasvikatot olisi kasvillisuudeltaan vähemmän rehevä, olisi hiilinielun kasvu maltillisempaa.

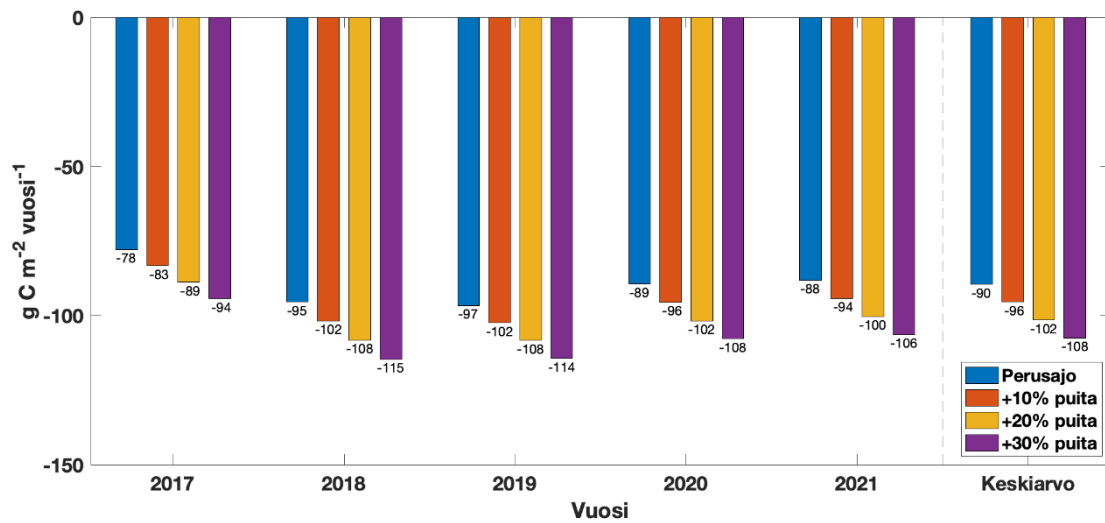
Puiden lisäämisellä sisäpihoille oli enemmän vaikutusta hiilinieluihin kuin kasvillisuuden lisäämisellä eri pelastautumistieratkaisussa tai kasvikatot lisäämisellä (Kuva 6). Lisättäessä puita 30 % (puiden latvustopeittävyys kasvaa 11.2 %:sta 15.1 %:iin) hiilinielut kasvoivat 20 %. Näin ollen voidaan sanoa, että puiden lisäämisellä saadaan tehokkaimmin lisättyä korttelipihan hiilinieluja. Yleisesti voidaan sanoa, että ensisijaisesti on tärkeää lisätä kasvillisuutta maan pinnalle, sillä kasvikatot elinikä on tyypillisesti rajoitetumpi kuin maan pinnalla olevan. Lisäksi on tärkeää huomata, että laskelmissa ei ole huomioitu erilaisten kasvialustojen vaikutusta hiilipäästöihin eikä puiden istuttamiseen tai muiden viheralueiden, esimerkiksi kasvikatot rakentamiseen liittyviä päästöjä.



Kuva 4. Hiilinielu kahdella pelastautumistievaihtoehdoilla, itsepelastautuminen ja nostopaikallinen pelastautumistie, erikseen vuosien 2017–2021 meteorologisilla olosuhteilla sekä laskettuna keskiarvona vuosien yli. Mitä negatiivisempi arvo, sitä voimakkaampi hiilinielu.



Kuva 5. Hiilidioksidin vaihto sisäpihoilla kahden vaihtoehdon näkökulmasta: kasvikattojen kanssa ja ilman erikseen vuosien 2017–2021 meteorologisilla olosuhteilla sekä laskettuna keskiarvona vuosien yli. Mitä negatiivisempi arvo, sitä voimakkaampi hiilinielu.

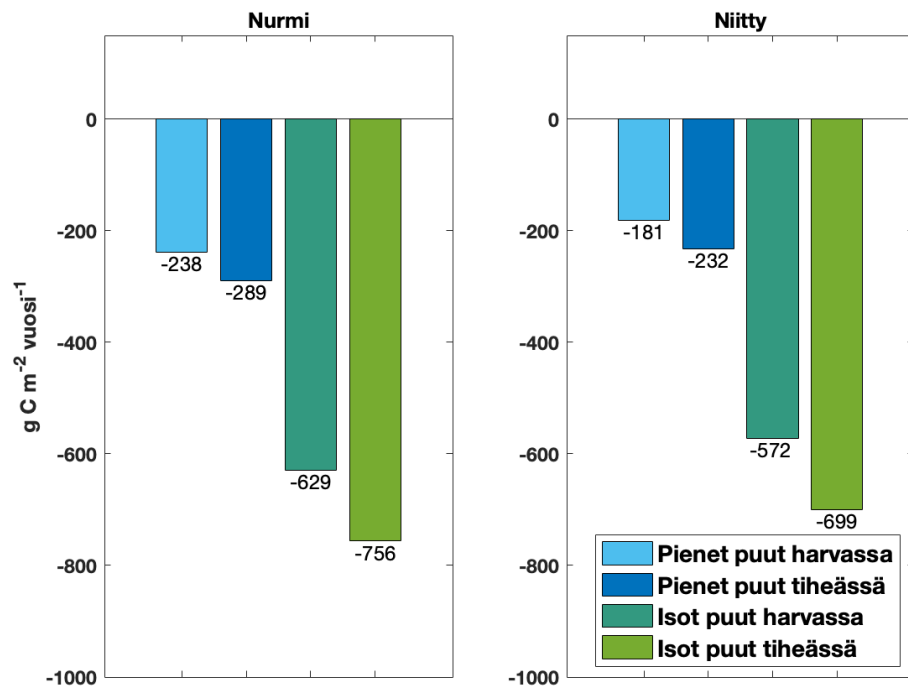


Kuva 6. Hiilidioksidin vaihto erilaisilla puiden osuuksilla erikseen vuosien 2017–2021 meteorologisilla olosuhteilla sekä kaikkien vuosien keskiarvoilla. Mitä negatiivisempi arvo, sitä voimakkaampi hiilinielu.

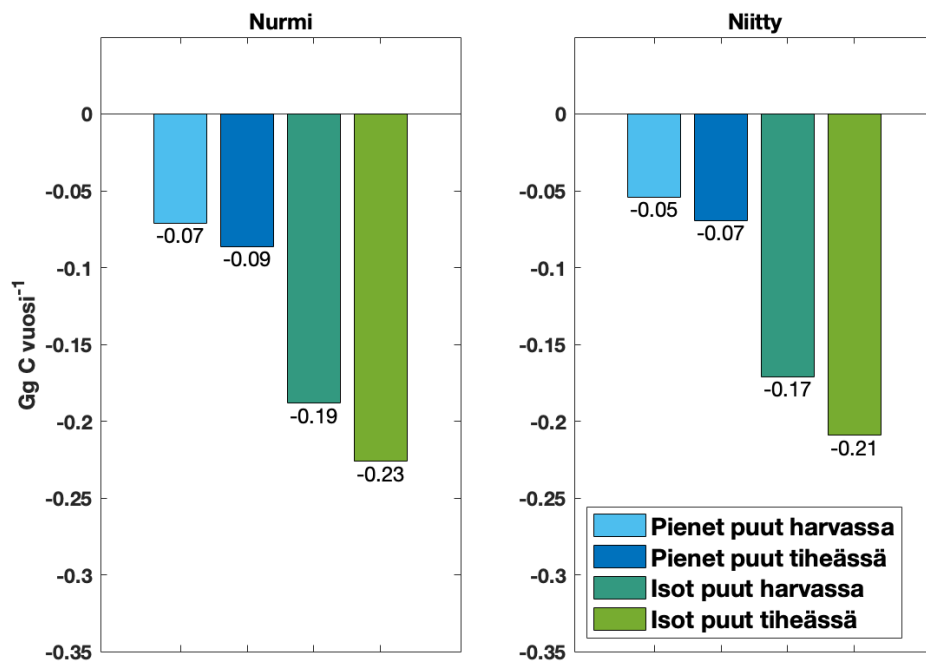
3.3 Puistoalueiden viherratkaisujen vaikutukset hiilensidontaan

Puistoalueilla puiden tiheydellä ja valittujen puulajien koolla sekä kasvillisuustyypillä (rehevä niitty vs. nurmikko) on suuri vaikutus puistoalueen hiilinieluun (Kuva 7). Tehokkain nielu havaitaan tiheillä puustoisilla alueilla, joissa maanpeitteenä on nurmikko. Tällöin hehtaarin kokoinen alue sitoo itseensä hiilidioksidia 756 g C vuosi⁻¹. Tämä on 20 % enemmän kuin harvaan istutetuilla isoilla puulajeilla ja 62 % enemmän kuin tiheään istutetuilla pienillä puulajeilla. Pienten puiden tiheydellä ei ole suurta vaikutusta hiilinieluun tutkitulla puuntiheyksillä, sillä pienen puun latvuspeittävyys on suhteellisen pieni. Nurmikko on tehokkaampi hiilinielu kuin niitty. Samanlaisia tuloksia nurmikon toimimisesta tehokkaampana nieluna on löydetty myös aikaisemmasta tutkimuksesta Ruotsista (Poeplau ym. 2016). Jos tiheään istutetun suuren puulajin alla on nurmikon sijaan niitty, olisi hiilinielu 7.5 % pienempi kuin nurmikon kanssa.

Jos edellä olevat hiilen sidonnat skaalataan kaikkien Hiedanrannan puistoalueiden (29.9 ha) yli, saadaan pienimmäksi hiilinieluksi 50 T C vuosi⁻¹ ja suurimmaksi vastaavasti 230 T C vuosi⁻¹. Eri ratkaisujen välillä hiilinielu kasvaa siis 3-kertaiseksi. Jos tiheässä olevien isojen puiden hiilinielu yksikössä 843 T hiilidioksidia vuodessa suhteutetaan koko alueen hiilinieluihin (4600 T hiilidioksidia vuodessa), huomataan kuinka puistoalueiden puutiheydellä ja puulajeilla on merkittävä vaikutus koko alueen hiilinielujen suuruuteen.



Kuva 7. Hiilidioksidin vaihto erilaisissa suunnittelun vaihtoehdoissa mallitettuna hehtaarin kokoiselle alueelle laskettuna ajalta puiden ollessa täysikasvuisia. Harvassa olevilla puilla on puutiheys 144 puuta ha⁻¹ ja tiheässä 172 puuta ha⁻¹. Mitä negatiivisempi arvo, sitä voimakkaampi hiilinielu.



Kuva 8. Sama kuin kuva 7, mutta skaalattuna hehtaarin alueelta Hiedanrannan puistoalueille.

3.4 Puistoalueiden kasvualustan vaikutukset hiilivarastoihin

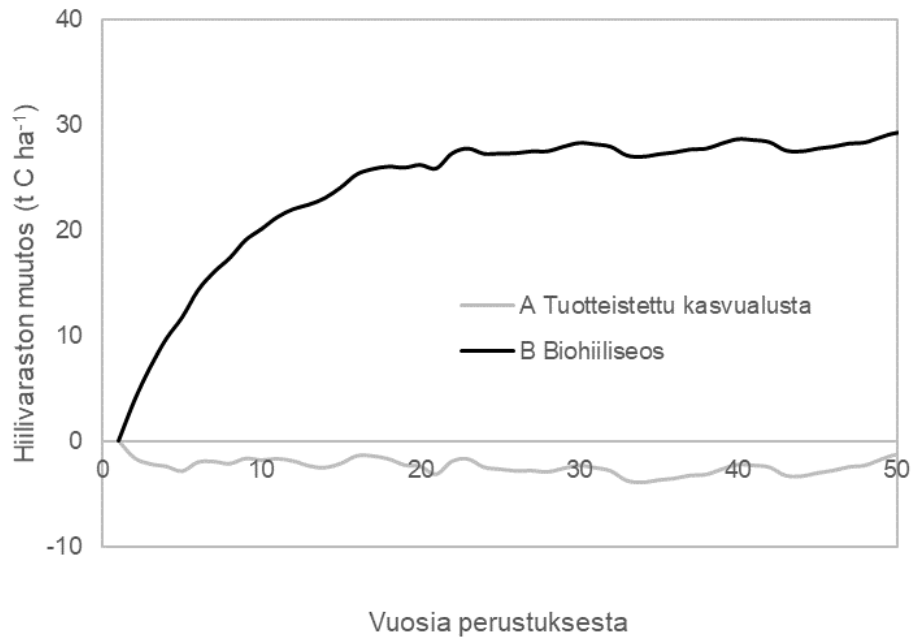
Yhtenä tavoitteena oli selvittää, miten eri kasvualustat vaikuttavat hiilen sitoutumiseen. Tässä työssä verrattiin biohiiliseosta tuotteistettuun kasvualustaan. Käytännössä simuloitiin nurmea, joka perustettiin 20 cm kasvualustalla. Biohiilen ja tuotteistetun kasvualustan orgaanisen aineen määrä ja laatu sekä muut simulointeihin tarvittavat lähtötiedot on esitelty yksityiskohtaisesti Liitteessä B. Kasvualustan ei oletettu vaikuttavan nurmikon kasvuun vaan se kasvoi simuloinneissa kummallakin yhtä hyvin.

Tulosten perusteella voidaan sanoa, että biohiili kerryttää maaperän hiilivarastoa eli nurmikko sen kanssa toimii hiilinieluna (Kuva 9). Tämä johtuu pääasiassa siitä, että biohiilessä oleva hiili on havaittu olevan erityisen heikosti hajoavaa, kun taas tuotteistetun kasvualustan orgaaninen hiili hajoaa nopeasti. Biohiilen hajoamisominaisuudet ovat kuitenkin riippuvaisia lähtömateriaalista ja biohiilen valmistuslämpötilasta ja -ajasta. Jossakin tutkimuksissa on myös todettu, että biohiili aikaansaa ns. negatiivista priming-ilmiotä, joka tarkoittaa, että maan muun orgaanisen aineen hajotus hidastuu. Tämän mahdollisen ilmiön merkityksestä ei kuitenkaan ole yksimielisyyttä, eikä käyttämämme Yasso-malli pysty sellaista simuloimaan. Hiilivaraston lisääntyminen biohiilikasvualustassa hidastuu simulointijakson aikana lämpenevän ilmaston kiihdyttäessä orgaanisen aineen hajontaa sekä maaperän hiilivaraston saturoituessa (Kuva 9). Ilman biohiiltä nurmikko on näillä kasvualustaoletuksilla simulointijakson aikana pieni lähde ilmakehään eli sen hiilivarasto on lähes koko simulointijakson aika vähän pienempi kuin alkutilassa (Kuva 9).

Ympäristövaikutuksia arvioitaessa on erityisen tärkeää huomioida, mistä tuotteistetun kasvualustan orgaaninen aines tai biohiili on peräisin, ja onko sen tuottaminen vaikuttanut hiilensidontaan tai luonnon monimuotoisuuteen muualla. Kierrätysmateriaalien valinta on ympäristön kannalta parempi ratkaisu kuin turvepohjaisten tuotteiden käyttäminen.

Simuloinnissa nurmikon leikkuujätteen oletettiin jäävän leikkuupaikalle. Jos se kerätään, niin ero biohiilen ja tuotteistetun kasvualustan välillä ei olennaisesti muutu.

Alkuperäisenä tarkoituksena oli ottaa tutkimukseen mukaan myös kierrätysmaat, mutta näiden simulointiin tarvittavia lähtötietoja ei ollut saatavilla riittävällä tarkkuudella kierrätysmaan vaihtelevan luonteen vuoksi. Todettakoon kuitenkin, että ilmastolle ja luonnon monimuotoisuudelle on lähtökohtaisesti myönteisempää käyttää erilaisia kierrätysmateriaaleja kuten kuin neitseellisistä luonnonvaroista jalostettuja kasvualustoja kuten turvepohjaisia tuotteita.

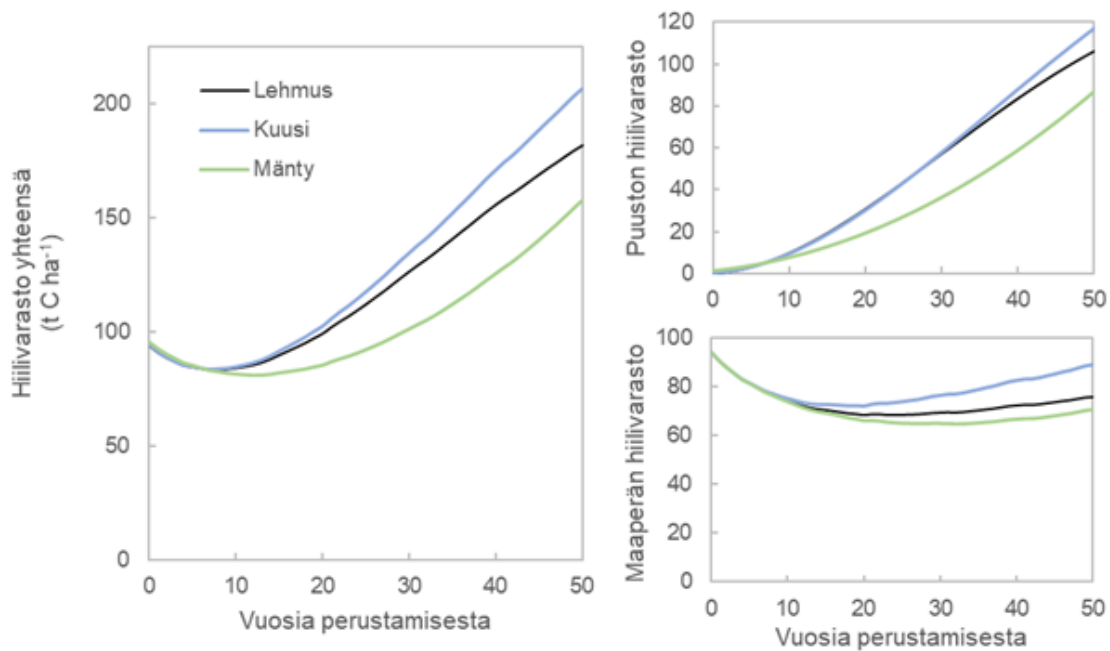


Kuva 9. Simuloitu hiilivaraston muutos suhteessa perustamishetkeen kahdenkymmenen sentin kasvukerroksesta 50 vuoden simulointijakson aikana (1989–2038) hyväkasvuiselle nurmelle. Negatiivinen arvo tarkoittaa, että hiiltä on vähemmän kuin perustamishetkellä. Biohiiliseoksen hiilivarasto kasvaa n. 30 t ha⁻¹ kun taas tuotteistetun kasvualustan laskevat n. 1-3 t ha⁻¹. Muutokset ovat suurimpia simulointijakson alussa.

3.5 Puulajin vaikutus hiilivarastoon

Puulajin valinnalla on merkittävä vaikutus sekä maaperän että koko ekosysteemin hiilivarastoon. Tässä työssä simuloitiin hiilivarastojen kehitystä sekä maaperässä että puustossa kolmella eri puulajilla: *Tilia cordata* eli metsälehmus, *Picea pungens* eli okakuusi ja *Pinus sylvestris* eli metsämänty. Näiden puuaineen ja lehtien kasvu sekä lehtialasta arvioitu lehtien biomassa on simuloitu hyödyntäen kaupunkipuille sovitettuja yhtälöitä, jotka on esitelty teoksessa McPherson ym. (2016). Simuloinnit tehtiin alueelle, jonka pintamaa (0–20 cm) koostui hiilipitoisesta kivennäismaasta (2,4 %) ja pohjamaa (20–50 cm) vähähiilisemmästä kivennäismaasta (1,25 %). Eri puulajien kasvupaikkavaatimuksia ei otettu huomioon. Muut vuosittaiseen maaperän karikesyötteeseen ja puisen biomassan ennusteeseen tarvittavat lähtötiedot on esitelty Liitteessä C.

Tulosten perusteella voidaan sanoa, että lehmus ja kuusi kasvattavat mäntyä enemmän hiilivarastoa sekä maan päällä että maan alla (Kuva 10). Toisaalta on huomioitava, että ne vaativat kasvupaikakseen rehevämmän ja kosteamman paikan kuin mänty, joka menestyy vaatimattomilla kasvupaikoilla.

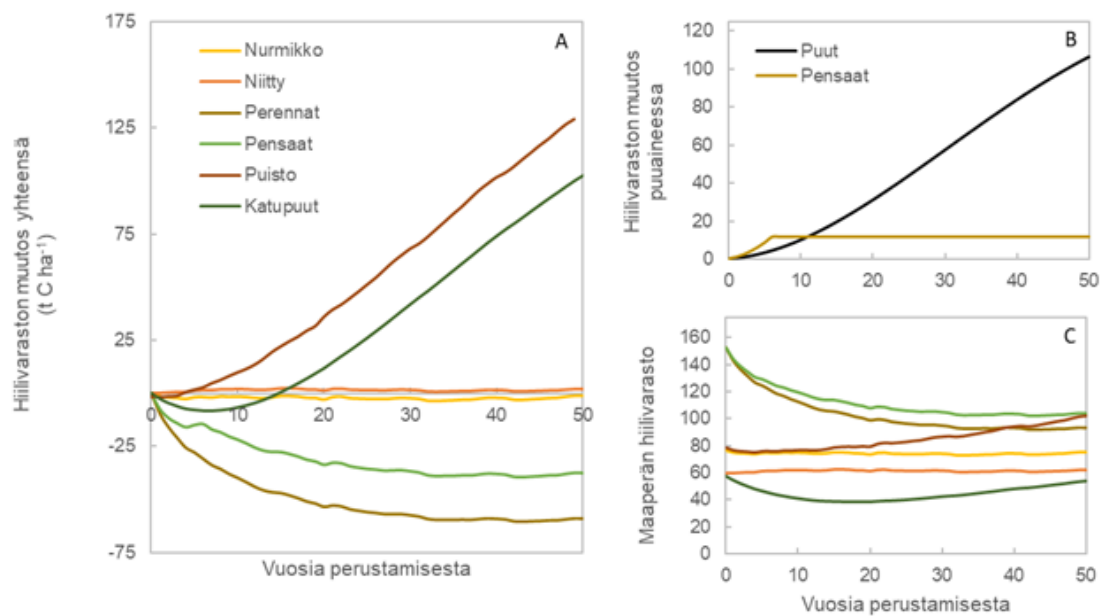


Kuva 10. Simuloitu hiilivarasto kokonaisuudessaan sekä erikseen puustossa ja maaperässä vuosina 1989–2038. Puuston hiilivarasto sisältää rungon lisäksi myös oksat ja paksujuuret. Puiden tiheydeksi on asetettu 150 # ha⁻¹. Eniten hiilivarastoa tässä simuloinnissa kasvatti kuusi erityisesti sen runsaan karikkeen kautta, koska sen avulla maahiili väheni simuloitua puulajeista kaikkein vähiten jakson aikana.

3.6 Eri kasvillisuustyyppien hiilensidonta

Eri kasvupaikkojen hiilensidontaan vaikuttaa käytetty kasvualusta, kasvien kasvu ja karikkeen tuotos. Tässä työssä simuloitiin hiilivarastojen kehitystä sekä maaperässä että puustossa kuudelle eri kasvillisuustyyppille: nurmi, niitty, perennat, pensaat, puisto ja katupuut. Kullekin oletettiin tyypillinen kasvualusta, joka on esitetty tarkasti Liitteessä D. Maanpäällistä kariketta ei simuloinneissa poistettu. Vaikka näin todellisuudessa usein tehdään, niin tämä karike kuitenkin muodostaa hiilivaraston ja toisaalta tuottaa päästöjä jossakin muualla, joten siksi se päätettiin pitää simuloinneissa mukana.

Tulosten perusteella voidaan sanoa, että kasvupaikoilla, joissa oli paksu kasvualusta aluksi (pensaat ja perennat), hiilivarasto pieneni maaperässä (Kuva 11C). Koska pensaiden puumaisen osan oletettiin kehittyvän vain vähän (Kuva 11B, max 30 kg C yksilö⁻¹), niiden hiilivarasto kasvoi vähemmän kuin kasvualustasta vapautui hiiltä (Kuva 11A). Toki tähän vaikuttaa ratkaisevasti kasvualustan todellinen laatu ja kasvin lopullinen koko. Nurmikon ja niityn hiilivarasto ei juuri kasvanut eikä laskenut simulointijakson aikana, joten ne ovat ilmastovaikutukseltaan aika neutraaleja käytetyllä kasvualustaoletuksella. Puiston ja katupuiden hiilivarasto sen sijaan kasvoi simulointijakson aikana (Kuva 11A) pääosin puuston kasvavan hiilivaraston ansiosta.



Kuva 11: A) Simuloitu hiilivaraston muutos eri kasvillisuustyypeillä 50 vuoden simulointijakson aikana (1989–2038). B) Simuloitu hiilivaraston kehitys puuaineessa pensaille ja lehmukselle. C) Maaperän hiilivaraston kehitys kussakin kasvillisuustyyppissä. Perustamishetkellä jokaiselle niistä on oletettu tyyppillistä kasvupaikkaa vastaava kasvualusta. Puistossa ja katupuilla puulaji oli lehmus. Kokonaishiilivarasto kasvoi puustoisilla kasvillisuustyypeillä ja väheni pensaille ja perennoilla simulointijakson aikana.

4. Johtopäätökset

Tämän raportin tarkoituksena oli määrittää 1) suunnitteilla olevan Hiedanrannan viheralueiden hiilinielujen voimakkuus ja niiden alueellinen vaihtelu, 2) keinoja kasvattaa kasvillisuuden hiilinieluja kortteleissa ja 3) tehokkaimmat keinot lisätä hiilinieluja puistoalueilla tutkimalla sekä kasvillisuuden että maaperän vaikutusta.

Hiedanrannan viheralueet sitoivat vuodessa itseensä arviolta 4600 tonnia hiilidioksidia. Tämä vastaa 0.3 % arvioiduista alueen käyttöaikaisista kokonaispäästöistä mukaan lukien kulutuksen, liikkumisen ja energianpäästöt. Raportissa selvitettiin, kuinka erilaisilla suunnittelun ratkaisulla hiilinieluja saataisiin alueella kasvatettua. Korttelialueilla tehokkaimmat keinot lisätä hiilinieluja oli puiden määrän lisääminen. Omatoiminen pelastautuminen mahdollistaa pihalle enemmän kasvillisuutta, mutta tarkastelluissa vaihtoehtosuunnitelmissa ero eri pelastusratkaisuilla toteutettujen suunnitelmien välillä oli pieni. Kasvikattojen osalta tarkasteluun liittyy merkittäviä epävarmuustekijöitä. Koska kattopinta-alaa on paljon, kasvikattojen potentiaalinen määrä on kuitenkin suuri, minkä vuoksi vähäpäästöisillä ja kevyillä kasvikattoratkaisuilla

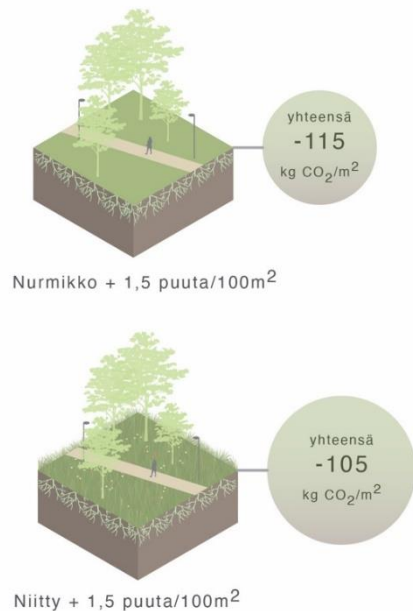
voidaan mahdollisesti lisätä hiilinieluja. Yleisesti maavaraista kasvillisuutta tulisi suosia kasvikattojen sijaan.

Tutkittaessa puistoalueita puiden istutustiheydellä ja valittujen puiden koolla sekä maaperän kasvillisuudella on merkitystä. Puistoalueilla nurmikko toimii tehokkaampana hiilinieluna kuin rehevä niitty ja suurin hiilensidonta mallinnettiin tiheästi istutetuilla isokokoisilla puulajeilla, joiden alla on nurmikko (Kuva 12). Isojen puiden hiilinielu riippuu puiden istutustiheydestä, mutta pienten puiden tiheydellä ei ole suurta vaikutusta hiilensidontaan kummallakaan tutkitulla puuntiheydellä. Niityt toimivat hieman heikompina hiilinieluinä kuin nurmet, mutta muiden tekijöiden kuten monimuotoisuuden kannalta niiden hyöty on kiistaton. Lisäksi niityn ylläpidosta tulevat päästöt ovat pienemmät kuin nurmikon, jota leikataan ja mahdollisesti myös lannoitetaan säännöllisesti (Nicese ym. 2021). Niittyjen on myös havaittu olevan vastustuskykyisempiä kuivuutta vastaa, jolloin niiden hiilensidonta ei kärsi kuivuudesta yhtä paljon kuin nurmikoiden hiilensidonta (Trémeau et al. 2023).

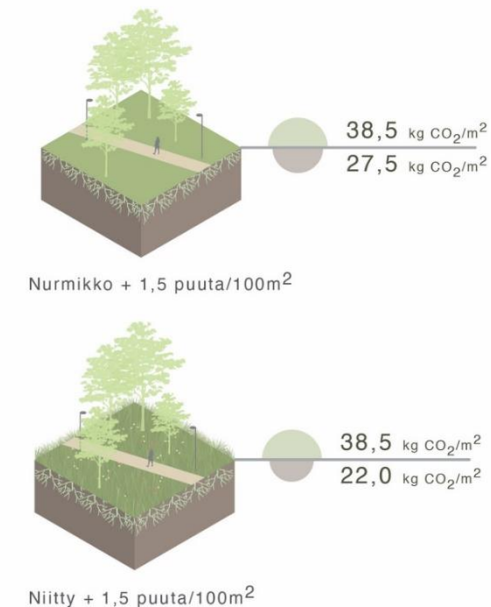
Korttelipihojen ja puistoalueiden hiilensidontaa kuvaavissa luvuissa ei ole huomioitu viheralueiden rakentamisesta ja ylläpidosta tulevia päästöjä. Lisäksi eri malliajoissa liittyy suuria epävarmuuksia maaperän luonnollisiin päästöihin eri ratkaisuisa. Yllä olevat luvut antavat kuitenkin suuntaviivoja, millä suunnittelun ratkaisuilla korttelipihoilla ja puistoalueilla hiilinieluja voidaan lisätä.

Kasvualustalla on merkittävä vaikutus hiilensidontaan. Hiilirikas eli paljon orgaanista ainesta sisältävä kasvualusta hajoaa mikrobitoiminnan tuloksena nopeasti ilmakehään, ja kasvillisuudella saattaa kestää vuosia sitoa sitä takaisin. Kasvillisuustyypit, jotka perustushetkellä vaativat ravinteikkaan ja paksun kasvialustan mutta eivät tuota huomattavaa määrää karikesyötettä maahan tai kehittä itse puumaista hiilivarastoa, saattavat tämän tutkimuksen perusteella olla menettäneet vielä 50 vuoden päästä perustushetkestä enemmän hiiltä kuin sitoneet sitä. Tällaisessa tilanteessa aivan keskeistä on, mistä kasvialustassa käytetty orgaaninen aines on peräisin: jos kasvialusta on jalostettu esim. jätteestä, päästöt ilmakehään tapahtuisivat joka tapauksessa, ja siksi voi olettaa, että sen käyttö itse asiassa mahdollistaa istutettavien kasvien menestyksen ja hiilensidonnan, ja näin näennäisesti kielteiset päästöt ilmakehään ovatkin lopulta myönteisiä. Jos jätteiden päästöt huomioidaan esim. elinkaarianalyysissä jo toisaalla, on ne myös kaksoislaskennan estämiseksi jätettävä huomioimatta, jolloin hiilensidontatulos olisikin joka tilanteessa myönteinen. Sen sijaan absoluuttisia päästöjä ilmakehään aiheuttaa neitseellisten luonnonvarojen käyttö, kuten turvepohjaiset tuotteet, sillä turve toimisi yleensä pitkäikäisenä hiilivarastona luonnollisessa elinympäristössään. Siksi siitä aiheutuvia päästöjä ei voi jättää huomioimatta hiilineutraalisuutta ja kokonaiskestävyyttä tavoitellessa.

Hiilidioksidin luonnollinen vaihto, eli yhteyttämisen ja maa- ja kasvihengityksen välinen erotus 50 vuodessa.



Kasvilisuuden ja maaperän hiilivarasto viheralueella 50 vuoden kuluttua perustamisesta, kun oletuksena on tuotteistettu kasvialusta.



Kuva 12. Esimerkki puustoisien viheralueen hiilivaihdosta 50 vuoden aikana (vasemmalla), ja muodostuvasta hiilivarastosta 50 vuodessa (oikealla), perustuen raportissa esitettyihin tuloksiin. Hiilivaraston simuloinnissa on huomioitu kasvialustaan alkuvaiheen hiilipäästöt, minkä vuoksi muodostuva hiilivarasto on pienempi kuin mitä saadaan tarkastelemalla pelkästään vuotuista hiilivaihtoa.

Lähdeluettelo

Havu M., Kulmala L., Lee H.S., Saranko O., Soininen J., Ahongshabam J. ja Järvi L. CO₂ uptake of urban green in a warming Nordic city. *Urban Fore. Urban Green*. 94, 128261, <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2024.128261>.

Havu M., Kulmala L., Kolari P., Vesala T., Riikonen A. ja Järvi L., 2022b. Carbon sequestration potential of street tree plantings in Helsinki. *Biogeosciences* 19, 2121–2143, <https://doi.org/10.5194/bg-19-2121-2022>.

Hersbach H., Bell B., Berrisford P., ym., 2020. The ERA5 global reanalysis. *Q. J. R. Meteorol. Soc.* 146, 1999–2049, <https://doi.org/10.1002/qj.3803>.

Järvi L., Grimmond C.S.B. ja Christen A., 2011. The Surface Urban Energy and Water Balance Scheme (SUEWS): Evaluation in Los Angeles and Vancouver. *J. Hydrol.* 411, 219–237, <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.10.001>.

Järvi L., Havu M., Ward H.C., Bellucco V., Mcfadden J.P., Toivonen T., Heikinheimo V., Kolari P., Riikonen A. ja Grimmond C.S.B., 2019. Spatial modelling of local-scale biogenic and anthropogenic carbon dioxide emissions in Helsinki. *J. Geophys. Res.* 124 (15), 8363–8384, <https://doi.org/10.1029/2018JD029576>.

Lindén L., Riikonen A., Setälä H. ja Yli-Pelkonen V., 2020. Quantifying carbon stocks in urban parks under cold climate conditions. *Urban For Urban Green* 49, 126633, <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126633>.

Liski J., Palosuo T., Peltoniemi M. ja Sievänen R., 2005. Carbon and decomposition model Yasso for forest soils. *Ecol. Model.* 189, 168–182, <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.005>.

Viskari T., Laine M., Kulmala L., Mäkelä J., Fer I. ja Liski J., 2020. Improving Yasso15 soil carbon model estimates with ensemble adjustment Kalman filter state data assimilation. *Geosci. Mod. Dev.* 13, 5959–5971, <https://doi.org/10.5194/gmd-13-5959-2020>.

Heikkinen J., Ketoja E., Seppänen L., Luostarinen S., Fritze H., Pennanen T., Peltoniemi K., Velmala S., Hanajik P. ja Regina K., 2021. Chemical composition controls the decomposition of organic amendments and influences the microbial community structure in agricultural soils. *Carbon Manag.* 12:4, 359–376, <https://doi.org/10.1080/17583004.2021.1947386>.

Mcpherson E.G., van Doorn N.S. ja Peper P.J., 2016. Urban Tree Database and Allometric Equations. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-235. Albany, CA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station. 86 p.

Nicese F.P., Colangelo G., Comolli R., Azzini L., Lucchetti S., Marziliano P.A. ja Sanes, G., 2021. Estimating CO2 balance through the Life Cycle Assessment prism: A case – Study in an urban park. *Urban Fore. Urban Green.* 57, 126869, <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126869>.

Poepplau C., Marstorp H., Thored K. ja Kätterer T., 2016. Effect of grassland cutting frequency on soil carbon storage – a case study on public lawns in three Swedish cities. *Soil* 2, 175–184, <https://doi.org/10.5194/soil-2-175-2016>.

Savikko H., Koutonen H. ja Siik K., 2020. Hiedanrannan päästökartoitus ja ilmastovaikutusten arviointi. https://energiaviisaat.fi/wp-content/uploads/2020/12/Hiedanrannan_paastolaskenta_Ramboll.pdf.

Trémeau, J., Olascoaga, B., Backman, L., Karvinen, E., Vekuri, H. ja Kulmala, L. 2022: Lawns and meadows in urban green space – a comparison from perspectives of greenhouse gases, drought resilience and plant functional types. *Biogeosciences* 21, 949–972. <https://doi.org/10.5194/bg-21-949-2024>.

Viskari T., Pusa J., Fer I., Repo A., Vira J. ja Liski J., 2022. Calibrating the soil organic carbon model Yasso20 with multiple datasets. *Geosci. Mod. Dev.* 15, 1735–1752, <https://doi.org/10.5194/gmd-15-1735-2022>.

Liitteet

Liite A: Hiilen sidonnan, luonnollisten päästöjen ja varastojen mallintaminen

SUEWS

Hiedanrannan viheralueiden hiilensidonta ja maaperän ja kasvillisuuden kokonaishengitys mallitettiin SUEWS-mallilla (Surface Urban Energy and Water balance Scheme, Järvi et al. 2011, 2019). SUEWS mallittaa kaupunkien energia- ja vesitasetta sekä hiilidioksidin vaihtoa huomioiden rakennetut pinnat sekä kasvillisuuden sekä maaperän. SUEWS pystyy huomioimaan hiilensidonnassa erilaiset kasvillisuustyypit, kuten puut, pensaat ja nurmikon, sekä maaperän hiilipäästöt. Toimiakseen SUEWS-malli tarvitsee tietoa mallitettavan alueen maankäytöstä (rakennusten, teiden, kasvillisuuden, vesialueiden osuudet) sekä meteorologisen vaihtelun, joka otettiin Euroopan keskipitkien ennusteiden keskuksen ERA5 uusanalyysi aineistosta (Hersbach ym. 2020). Mallia ajetaan tunnin aika-askeleella. Lisäksi maaperän hiilivarastoja ja päästöjä mallitettiin Yasso20 (Viskari ym. 2020) mallilla, mikä on viimeisin versio maaperän hiilimallista Yasso (Liski ym. 2005). Malliajot voidaan jakaa kolmeen luokkaan:

- 1) **Alueellinen malliajo.** Alueellista tarkastelua varten Hiedanrannan alue jaettiin 100x100m hilaruutuihin (Kuva 1), joista kukin ruutu mallitettiin erikseen sallien paikallisen kasvuolosuhteen (lämpö, maaperän vesivarasto) vaikutuksen hiilensidontaan ja luonnolliseen päästöön. Mallitettavan alueen kasvillisuus jaettiin kolmeen luokkaan (kaupunkimetsä, puisto, katupuut/sisäpihat), joista kukin käyttää omia malliparametrejaan (Taulukko 3).
- 2) **Korttelitason malliajo.** Korttelipihojen hiilensidontaa ja luonnollisia päästöjä tarkasteltiin käyttäen vuosien 2017–2021 meteorologiaa. Puille käytettiin sisäpihojen malliparametreja (Taulukko 3).
- 3) **Puistoalueiden malliajo.** Puistoalueiden hiilensidontaa ja luonnollisia päästöjä tarkasteltiin 50-vuoden ajanjakson (1989–2038) käyttäen puistopuiden malliparametreja. Vuosien 1989–2021 meteorologinen vaihtelu otettiin ERA5 uusanalyysistä ja vuosille 2022–2038 toistettiin vuosien 2011–2021 meteorologiaa.

Taulukko 3. SUEWS-malliajoissa käytetyt parametrit eri viheralueille

Viheralue	Maksimi fotosynteesi ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Maa- ja kasvihengityksen perustasoa kuvaava parametri	Maa- ja kasvihengityksen riippuvuutta lämpötilasta kuvaava parametri
Kaupunkimetsä	9.9	1.7	0.06
Puisto	11.5	2.3	0.05
Korttelipihat/ katupuut	8.3	0.9	0.08

Yasso

Maaperän orgaanisen hiilen malleja hyödynnetään arvioitaessa maaperän hiilen kehitystä tulevaisuudessa tai muissa ympäristöissä, joissa mittauksia ei ole saatavilla. Tässä työssä käytimme Yasso20-mallia (Viskari ym. 2022), joka on dynaaminen malli orgaanisen hiilen kierrosta maaperässä. Yasso laskee maaperän orgaanisen hiilen määrän, muutokset siinä ja heterotrofisen maaperän hengityksen kuukauden tai vuoden aika-askeleella. Yasson nykyisiä sovelluksia ovat maajärjestelmän mallinnus, globaalit ilmastosimulaatiot, kasvihuonekaasuinventaariot sekä maaekosysteemien ja ilmastomuutoksen tutkimus.

Mallisimulointeihin käytettiin arvio maaperän hiilestä ja laadusta simulointihetken alussa, tieto karikesyöttestä simuloinnin aikana, joka riippui kasvillisuuden määrästä ja laadusta, sekä kuukausittainen sadanta ja keskiarvolämpötila.

Liite B: Kasvualustan vaikutuksen simuloinnit

Kumpaakin kasvualustaa oletettiin olevan 20 cm kerros. Kasvualustan tiedot on esitetty Taulukossa 2. Simuloinnissa kasvitähteitä oletettiin syntyvän $4000 \text{ kg C ha}^{-1}$ maan päälle (Poeplau ym. 2016). Juurikariketta arvioitiin syntyvän n. $3500 \text{ kg C ha}^{-1}$, sillä Poeplaun ym. (2016) esitti, että juurissa on hiiltä n. 7 Mg C ha^{-1} , ja tässä oletimme sille eliniän 2 v. Maan päällisen ja alaisen karikkeen AWENH-jakauma oletettiin olevan kuin raiheinien versojen ja juurien Heikkinen ym. (2021) mukaan.

Taulukko 2: Lähtötiedot tuotteistetulle kasvualustalle (A) sekä kasvualustalle, joka on viljavan mineraalimaan ja biohiilen sekoitus (B). AWENH-arvot kuvaavat hiilen laatua ja hajoamisherkkyyttä, jotka on otettu seuraavista lähteistä: a) Ultunan viljelysmaan simuloinnit lähteessä Viskari ym. 2020, b) kaksi vuotta kompostoitua kasvintähde ja turve lähteessä Heikkinen ym. (2021) sekä c) kuoribiohiili lähteessä Heikkinen ym. (2021).

	Tuotteistettu kasvualusta		Biohiiliseos	
	kivennäismaa	komposti	kivennäismaa	biohiili
Ainesosa	kivennäismaa	komposti	kivennäismaa	biohiili
Osuus (%)	67	33	90	10
Tiheys (kg m^{-3})	1100	200	1100	200
Hiilipitoisuus (%)	2,4	30,52	2,4	70,81
Hiilimäärä alussa (kg C ha^{-1})	35376	20143	47520	28324
A (%)	13,9	46,1	13,9	2,0
W (%)	1,4	5,4	1,4	0,4
E (%)	0,8	2,9	0,8	0,1
N (%)	30,3	45,6	30,3	0,0
H (%)	53,5	0,0	53,5	97,5
Lähde	a	b	a	c

Taulukko 3: Karikearvioiden lähtöoletukset eri puulajisimuloinneille. Samoja AWEN-arvoja on käytetty sekä lehti- että hienojuurikarikkeelle. AWEN-arvot vastaavat kansallisen kasvihuonekaasuinventaarion arvoja koivulle (lehmus), kuuselle ja männylle.

	Lehmus	Kuusi	Mänty
Lehtien elinikä (v)	1	5	2,5
Juurten elinikä (v)	2	2	2
Lehti- ja juurikarikkeen hiilipitoisuus (%)	45	45	45
Puuaineen tiheys (kg m ⁻³)	420	400	400
Puuaineen hiilipitoisuus (%)	50	50	50
A (%)	40,8	48,3	51,8
W (%)	19,8	13,2	17,7
E (%)	9,9	6,6	8,9
N (%)	29,5	32,0	21,6

Liite C: Eri kasvillisuustyyppien simuloinnit

Kasvualustan AWENH-arvot alussa arvioitiin olevan kuin tuotteistetulla kasvualustalla (Taulukko 2). Nurmelle ja niitylle oletettiin 20 cm tuotteistettu kasvualusta, josta nurmelle ravinteikkaampi ja hiilipitoisempi ja niitylle heikompi (Taulukko 4). Perennoille ja pensaille oletettiin 40 cm ravinteikas kasvualusta (Taulukko 4). Pensaiden oletettiin kasvavan tiheydellä 400 #/ha, ja yksittäisen pensaan saavuttavan maksimissaan 30 kg hiilivaraston. Puistossa oletettiin kasvavan nurmikkaa (20 cm kaupallinen kasvualusta) sekä lehmuksia (kasvu kuin Kuva 10). Lehmukset oli istutettu 60 cm syvään (1 m²) kuoppaan, jossa tuotteistettu kasvualusta. Katupuiden oletettiin kasvavan kuin puistolehmusten. Ne oli istutettu 40 cm syvään (1 m²) kuoppaan, jossa tuotteistettu kasvualusta. Sitä ympäröi kantava kasvualusta, jonka syvyys on 60 cm, kivipitoisuus oli 65%, ja kasvualustan hiilipitoisuus 1,25% ja hiilen laatu kuin tuotteistetulla kasvualustalla (Taulukko 2).

Puustoisille kasvupaikoille karike lisääntyy dynaamisesti puuston kasvaessa. Näissä on oletettu sama lehmusten karike kuin simuloinnissa puulajin vaikutukselle (Liite B).

Taulukko 4: Lähtötiedot ja vuosittaiset karike-ennusteet eri kasvillisuustyyppien vaikutuksille.

	Istutuskerroksen paksuus (m)	Hiilipitoisuus alussa (%)	Puumaisten kasvien tiheys (ha ⁻¹)	Karike maan päällä (kg C ha ⁻¹ v ⁻¹)	Karike maan alla (kg C ha ⁻¹ v ⁻¹)
Nurmi	0,2	4,8	0	4000	3500
Niitty	0,2	3,0	0	2500	2500
Perennat	0,4	4,8	0	4000	3500
Pensaat	0,4	4,8	400	6000	3000
Puisto	0,2 (nurmi) 0,6 (istutuskuoppa)	4,8	150	kuin nurmikko kasvavat puut	kuin nurmikko kasvavat puut
Katupuu	0,4 (istutuskuoppa), 0,6 (kantava kasvualusta)	2,4	170	kasvavat puut	kasvavat puut

