



Kuntien hiilitasekartoitus osa 2

Hiilitaselaskuri ja toimenpidevalikoima

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

Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 10/2014

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

Kuntien hiilitasekartoitus osa 2

Hiilitaselaskuri ja toimenpidevalikoima



Ilmastonkestävä **kaupunki**



Helsingin kaupunki

LAHTI

TURKU



Vantaa



SIMOSOL

RAMBOLL

Vipuvoimaa
EU:lta



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Helsingin kaupungin ympäristökeskus
Helsinki 2014

Kannen kuva: Helsingin kaupungin aineistopankki / Kimmo Brandt

ISSN 1235-9718
ISBN 978-952-272-720-6
ISBN (PDF) 978-952-272-721-3

Painopaikka: Kopio Niini Oy
Helsinki 2014

Sisällysluettelo

Tiivistelmä	3
Summary	4
Keskeiset käsitteet	5
1 Johdanto	6
2 Alueellisen hiilitaseen arviointityökalu	7
2.1 Kasvillisuusalueiden hiilinielut maankäytön suunnittelussa	7
2.2 Mitä menetelmä arvioi?	8
2.3 Käytettävyys	9
2.4 Menetelmän tietopohja ja perusteet	10
2.5 Epävarmuustekijät	10
2.6 Jatkokehittämistarpeet	11
3 Hiilitase -laskentatyökalun käyttö	11
3.1 Vaihe 1: Tarkasteltavien vaihtoehtojen valinta	11
3.2 Vaihe 2: Lähtötietojen syöttäminen työkaluun	11
3.3 Vaihe 3: Tulosten tulkinta	12
4 Esimerkkilaskelmat	13
4.1 Uudisrakentamiskohde	13
4.1.1 Vaihtoehtojen kuvaus	13
4.1.2 Tulokset	15
4.2 Täydennysrakentamiskohde	18
4.2.1 Vaihtoehtojen kuvaus	18
4.2.2 Tulokset	18
4.3 Keskusta-alue	21
4.3.1 Vaihtoehtojen kuvaus	21
4.3.2 Tulokset	21
5 Kaavoittajan ja suunnittelijan toimenpidevalikoima	24
5.1 Valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet	25
5.2 Maakuntakaava	25
5.3 Yleiskaava	26
5.3.1 Rakentamisen sijoittaminen	27
5.3.2 Hiiltä sitovien kasvillisuusalueiden ja viheryhteyksien säilyttäminen	27
5.3.3 Maankäyttöpaineen tarkastelu suhteessa alueen hiilinieluihin	28
5.4 Asemakaava	29
5.4.1 Alueiden käytön suunnittelu	29

5.4.2 Kulutuksen ohjaaminen käytäväverkostolle tai käyttöä kestäville viheralueille	30
5.4.3 Rakentamistapaa ohjaavat määräykset ja merkinnät	30
5.5 Rakentamistapaohjeet	31
5.6 Viherrakentaminen	33
5.6.1 Viheralueiden hoitoluokat	33
5.6.2 Viherkatot	38
5.6.3 Kansipihat ja –puutarhat	39
5.7 Rakentamisen aikainen toiminta	39
5.7.1 Viheralueiden ylläpito	41
5.8 Puurakentaminen	42
5.8.1 Rakennuksen hiilijalanjälki	42
5.8.2 Rakennusmateriaalien hiilivarasto	43
5.8.3 Kaavoitus ja tontinluovutus	44
5.8.4 Rakentamisen ohjaus	44
5.8.5 Rakennussektorin hankinnat	45
6 Lähteet	46
Liite 1. Hiilinielut maankäytön suunnittelussa - kaavoittajan ja suunnittelijan tarkistuslista	

Tiivistelmä

Kuntien hiilitasekartoitus on osa Ilmastonkestävä kaupunki (ILKKA) – työkaluja suunnitteluun -hanketta, jonka tavoitteena on edistää ilmastonkestävää kaupunkisuunnittelua sekä luoda työkaluja ja -ohjeistuksia kaupunkisuunnittelijoille ilmastomuutoksen huomioonottamiseksi.

Hiilitasekartoituksen ensimmäisessä osassa laskettiin Helsingin, Lahden, Turun, Vantaan ja Espoon kaupunkien maankäyttösektorin kasvihuonekaasupäästöt, hiilinielut ja hiilivarastot. Laskennan tulosten perusteella työn toisessa osassa kehitettiin hiilitaselaskentatyökalu, jonka avulla voidaan arvioida hiilinielujen ja maankäytön kasvihuonekaasupäästöjen muutoksia rakennettavalla alueella. Työkalun tueksi laadittiin lisäksi toimenpidevalikoima, jossa kuvataan, miten maankäytön suunnittelulla voi vaikuttaa alueen hiilinielujen säilymiseen ja lisäämiseen. Tässä raportissa kuvataan hiilitaselaskurin kehittämisen taustaa ja sen toimintaperiaate sekä esitellään toimenpidevalikoima.

Hiilitaselaskuri on kaupunkisuunnittelijoiden kuten kaavoittajien käyttöön soveltuva, helppokäyttöinen työkalu, jonka avulla käyttäjä voi arvioida vaihtoehtoisten maankäyttöratkaisujen vaikutusta alueen hiilivarastoihin. Kasvillisuuden ja maaperän hiilivarastojen muutoksen lisäksi työkalulla voidaan laskea puu- ja viherrakentamisen keinojen vaikutusta hiilivarastojen muutokseen ja kasvihuonekaasupäästöihin.

Hiilitaselaskuria voidaan hyödyntää yleis- ja asemakaavatasolla maankäytön vaikutusten arviointiin kasvillisuusalueiden hiilivarastojen näkökulmasta. Excel-pohjaisessa työkalussa kolme tarkkuustasoa, jotka määräytyvät siihen syötettävien lähtötietojen tarkkuuden mukaan. Tämä mahdollistaa työkalun hyödyntämisen jo kaavoituksen ja suunnittelun alkuvaiheissa, ja laskennan tuloksien tarkentamisen suunnittelun edetessä. Laskuriin ei ole sisällytetty kaava-alueen muiden toimintojen, kuten energian käytön ja tuotannon tai liikenteen aiheuttamia kasvihuonekaasupäästöjä.

Laskentatyökalun tueksi laaditussa, kaavoittajan ja suunnittelijan toimenpidevalikoimassa maankäytön toimenpiteiden vaikutuksia on arvioitu eri kaavatasoilla sekä viherrakentamisen ja puurakentamisen näkökulmista. Suhteellisesti merkittävimpien toimenpiteiden kriteerinä on niiden kyky ylläpitää alueen hiilivarastoja ja vähentää maankäyttömuutoksesta aiheutuvia kasvihuonekaasupäästöjä. Merkittävimiksi arvioiduissa toimenpiteissä korostuvat mm. käytöstä poisjääneiden alueiden metsittäminen, päällystettyjen alueiden pinta-alan minimointi sekä nykyisten kasvillisuusalueiden säilyttäminen.

Excel-pohjainen hiilitaselaskuri on ladattavissa osoitteessa www.ilmastotyokalut.fi.

Summary

The carbon balance review of municipalities is part of the Climate-proof city – tools for planning (ILKKA) project, the purpose of which is to promote climate-proof urban planning and create tools and guidance for city planners that enable them to take climate change into account in their work.

In the first part of the carbon balance review, the greenhouse gas emissions, carbon sinks and reservoirs of the land use sector in the cities of Helsinki, Lahti, Turku, Vantaa and Espoo were calculated. Based on these calculations, a carbon balance counter tool was developed during the second part of the review. The counter is used to assess the changes of carbon sinks and greenhouse gas emissions from the land use in areas in which construction is carried out. A selection of supporting measures were compiled for the tool, which describe how land use planning can be utilised for maintaining and increasing the carbon sinks of the area. This report describes the background of the development of the carbon balance calculation tool, as well as its operational principles, and presents the selection of available measures.

The easy-to-use carbon balance counter is suitable for both urban environment and land use planners, and it helps the user to assess the impact of the alternative land use solutions on the carbon reservoirs of the area. In addition to the change of vegetation and the carbon reservoirs of the soil, the tool can be used to calculate the impact of wood and green construction on the change of carbon reservoirs and greenhouse gas emissions.

The carbon balance calculation tool can be utilised at the general and city plan level for assessing the impacts of land use from the perspectives of the vegetation areas' carbon reservoirs. The Excel-based tool has three accuracy levels, which are determined on the basis of the accuracy of the source data entered into it. This enables utilising the tool already during the early phases of zoning and planning, and facilitates more detailed calculations as the planning progresses. The greenhouse gas emissions from other operations in the area, such as energy use, energy production or traffic, have not been included in the calculation tool.

In the selection of supporting measures compiled for the planners, the impacts of land use have also been evaluated at different levels of the plans, both from the perspectives of green construction and wood construction. The criteria for the proportionally most significant measures is their ability to maintain the carbon reservoirs of the area and to mitigate the greenhouse gas emissions caused by the changes in land use. The measures considered to be most significant emphasise the reforestation of areas that are no longer in use, minimising the areas of surfaced land and conserving the current vegetation.

The Excel-based Carbon Balance Counter is available in Finnish at www.ilmastotyokalut.fi.

Keskeiset käsitteet

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

1 Johdanto

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

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

Kuntien hiilitasekartoitus -hanke koostuu kahdesta osasta. Osassa 1 laskettiin Helsingin, Lahden, Turun, Vantaan ja Espoon kaupunkien metsiin, peltoihin ja puistoihin sitoutuneet hiilivarastot ja niiden muutos tietyssä tarkasteluvuonna. Osan 1 laskennan tulokset havainnollistavat tarkasteltavien kaupunkien kasvillisuusalueisiin; metsiin, puistoihin ja peltoihin sitoutuneen hiilen kokonaismäärää sekä eri maankäyttöluokkien merkitystä hiilen sidonnassa. Kaupunkien kasvillisuusalueiden hiilivarastot ovat sitä suuremmat, mitä enemmän alueella on tässä järjestyksessä: metsiä, pelloja ja muita viheralueita, kuten rakennettuja puistoja. Kaupunkien väliset erot kasvillisuusalueiden puuston ja maaperän hiilivarastojen koossa johtuvat erityyppisestä maankäytöstä kaupungeissa.

Tässä raportissa esitellään hankkeen osassa 2 kehitetty kaavoittajan ja suunnittelijan "hiilitaselaskuri", joka arvioi tietyn kaava-alueen kasvillisuuden ja maaperään hiilivarastojen muutosta, joka aiheutuu maankäytön muutoksesta. Maankäyttömuutosten lisäksi laskuri arvioi uuden kerrostalorakennuskannan pääraaka-aineiden, niiden rakentamisen ja rakenteiden uusimisen hiilijalanjäljen, sekä rakenteisiin sitoutuneen hiilivaraston suuruuden 50 vuoden tarkastelujaksolta. Lisäksi tarkastelussa ovat mukana viherrakenteet (viherkannet, viherkatot, katu- ja tonttipuut).

Laskentatyökalun tueksi laadittiin kaavoittajan ja suunnittelijan toimenpidevalikoima, jossa kuvataan, miten maankäytön suunnittelulla voidaan vaikuttaa hiilinielujen säilymiseen ja lisäämiseen. Toimenpiteet on kuvattu kaikilla eri kaavatasoilla sekä viherrakentamisen ja puurakentamisen näkökulmista. Lisäksi arvioidaan toimenpiteiden vaikutusta hiilinieluihin tai maankäytön muutoksesta aiheutuviin kasvihuonekaasupäästöihin.

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

2 Alueellisen hiilitaseen arviointityökalu

2.1 Kasvillisuusalueiden hiilinielut maankäytön suunnittelussa

Käsite hiilinielu on tullut laajaan tietoisuuteen ilmaston lämpenemistä koskevan keskustelun ansiosta. Hiilinielu on hiilivarasto, jonka koko kasvaa. Pääasiallisia luonnollisia hiilinieluja ovat meret sekä kasvit ja muut organismit, jotka yhteyttävät. Yhteyttämisessä ilmakehän hiilidioksidia (CO_2) sitoutuu kasvaviin organismeihin. Hiilen varasto muuttuu hiilen lähteeksi, kun siitä tietyssä ajassa vapautuu hiilidioksidia ilmakehään enemmän kuin siihen sitoutuu.

Kasvillisuuden ja maaperän hiilivarastot

Suomessa hiilidioksidi sitoutuu ja varastoituu erityisesti metsien puihin ja maaperään sekä soiden turpeeseen. Metsien on arvioitu sitovan ja varastoivan noin neljänneksen maailman hiilidioksidipäästöistä. Luonnontilaisten soiden hajotustoiminta on hitaampaa kuin turpeen muodostuminen, jolloin ne toimivat hiilinieluina. Ojitus muuttaa suon hiilen lähteeksi.

Kasvillisuuteen ja maaperään sitoutuneen hiilen välillä on positiivinen kytke: mitä suurempi on kasvillisuuden pysyvä määrä, sitä suuremmaksi kasvaa myös maaperän hiilivaraston koko. Kivennäismaiden maaperän orgaaniseen kerrokseen on varastoitunut hiiltä sama määrä kuin Suomen metsien puustoon.

Kasvupaikan ominaisuudet vaikuttavat kasvillisuuden määrään ja laatuun ja sitä kautta myös maaperän hiilivaraston kokoon. Suojelualueella tuoreen kankaan kuusikon maaperän hiilimäärä on kaksinkertainen kuivahkon kankaan männikköön verrattuna.

Hiilinielujen maksimointi on kasvihuonekaasujen vähentämisen ohella ilmastomuutoksen hillinnän keinoja. Myös Kioton sopimuksessa hiilinielujen hyödyntäminen on eräs tapa lieventää valtiokohtaisia kasvihuonekaasupäästöjä. Mitä suuremmasta hiilinielusta on kyse, sitä tärkeämpää on ilmastomuutoksen hillitsemisen kannalta nielun säilyttäminen, sillä pienikin suhteellinen hupenema suuressa varastossa aiheuttaa suuret absoluuttiset CO_2 -päästöt.

Kasvillisuusalueiden hiilinieluihin kohdistuvia maankäytön uhkia ovat kaupunkirakenteen hajautuminen, väljästi rakennetun kaupunkirakenteen leviäminen, metsien ja peltojen ottaminen rakentamiskäyttöön, käytöstä poistuneiden alueiden jääminen rakentamisen ulkopuolelle sekä maaperän tiivistyminen ja kasvillisuusalueiden häviäminen. Monet näistä uhista kohdistuvat yhtä aikaa myös luonnon monimuotoisuuteen, maisemaan ja ekosysteemipalveluiden tuotantoon.

Maankäytön suunnittelulla voidaan vaikuttaa hiilinielujen säilymiseen ja lisäämiseen. Tärkeimmät maankäytön suunnittelun keinot ovat:

- pinta-alaltaan suurten metsien, peltujen ja muiden kasvillisuusalueiden säilyttäminen
- tiiviin ja eheän yhdyskuntarakenteen tukeminen
- haja-asutuksen leviämisen estäminen
- rakennuskäyttöön otettujen alueiden minimointi
- päällystettyjen alueiden määrän minimointi

Hiilinielut ovat uudenlainen tapa tarkastella maankäyttöä ja ilmakehän hiilidioksidipäästöjen vähentämistä. Niiden huomioiminen maankäytön suunnittelussa korostaa tarvetta kiinnittää laajempaa huomiota viheralueverkon eri osien säilyttämiseen ja lisäämiseen. Hiilinielujen kautta voidaan tarkastella myös viheralueiden tuottamia muita ekosysteemipalveluita ja viheralueiden arvoa suhteessa muuhun maankäyttöön.

Hiilinielujen säilyttäminen ja lisääminen tulee sitoa osaksi kestävästä maankäytön suunnittelua koskevia muita tavoitteita. Maankäytön suunnittelussa ekologisen kestävyysmukainen tavoite on suunnitella alue kokonaisuutena niin, että alueen energian ja muiden luonnonvarojen kulutus sekä haitallisten päästöjen sekä jätteiden muodostuminen ovat alueen koko elinkaaren aikana mahdollisimman vähäistä. Maankäytön kasvihuonepäästöjä vähennetään tehokkaimmin suunnitelmalla rakentamisalueita, viheralueita, viheralueverkostoja sekä hulevesiä samanaikaisesti. Lisäksi tulisi varmistaa suunnittelun eri osa-alueiden (horisontaalinen) ja suunnittelun ja rakentamisen eri vaiheiden (vertikaalinen) välinen vuoropuhelu.

2.2 Mitä menetelmä arvioi?

Työkalulla arvioidaan tietyn kaava-alueen kasvillisuuden ja maaperän hiilivarastojen muutosta, joka aiheutuu maankäytön muutoksesta. Maankäyttömuutosten lisäksi laskuri arvioi uuden kerrostalorakennuskannan päärakenteiden, niiden rakentamisen ja rakenteiden uusimisen hiilijalanjäljen sekä rakenteisiin sitoutuneen hiilivaraston suuruuden 50 vuoden tarkastelujaksolta. Lisäksi tarkastelussa ovat mukana viherrakenteet (viherrakennet ja -katot sekä katu- ja tonttipuut).

Työkalua voidaan käyttää yleispiirteisellä tasolla yleis- ja asemakaavan vaikutusten arviointiin kasvillisuusalueiden hiilivarastojen näkökulmasta. Työkalu mahdollistaa maankäyttövaihtoehtojen vertailun, ja sillä voidaan testata erilaisten maankäyttöratkaisujen sekä puu- ja viherrakentamisen keinojen vaikutusta hiilivarastojen muutokseen ja kasvihuonekaasupäästöihin.

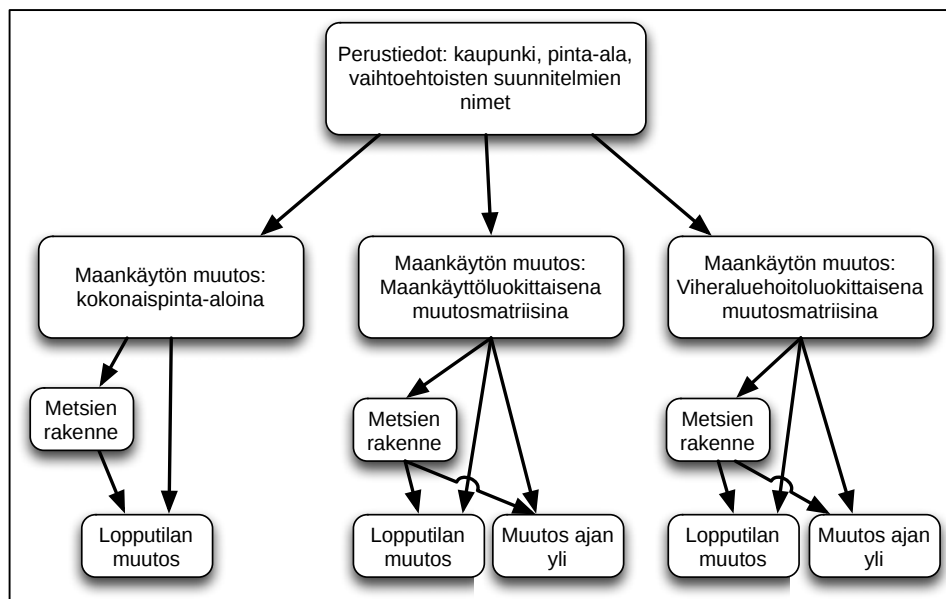
Työkalulla ei oteta kantaa kaava-alueen muista toiminnoista, kuten energian käytöstä ja tuotannosta sekä liikenteestä aiheutuvien kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen. Näitä voidaan arvioida muilla työkaluilla (ks. esim. kehitteillä oleva KEKO-ekotehokkuustyökalu).

2.3 Käytettävyys

Työkalussa on kolme tarkkuustasoa, jotka määräytyvät sen mukaan, millaisia lähtötietoja työkaluun syötetään. Työkalun eri tarkkuustasot mahdollistavat sen, että työkalua voi käyttää jo kaavoituksen ja suunnittelun alkuvaiheissa ja laskennan tulosta tarkentaa, kun lähtötiedot tarkentuvat suunnittelun edetessä.

Taso	Kuvaus
Tarkkuustaso 1	Karkeimmalla tasolla maankäytön muutos voidaan kuvata määrittelemällä metsien, peltojen, avoimien ja rakennettujen viheralueiden, sekä rakennetun alueen kokonaispinta-alat lähtötilanteessa ja kaavan määrittelemien maankäyttömuutosten jälkeen. Tulokset kuvaavat tässä tapauksessa hiilivarastojen muutosta lähtötilanteesta pysyviin uuden maankäyttömuodon hiilivarastoihin. Tämä on maaperähiilen osalta pitkän aikajakson, satojen vuosien, prosessi. Hiilivarastojen muutosten arviointia voidaan tarkentaa kuvaamalla maankäyttömuutokset hienopiirteisemmin.
Tarkkuustaso 2	Maankäyttömuutokset kuvataan metsien, peltojen, viheralueiden ja rakennetun alueen välillä muutosmatriisina, esimerkiksi kuinka monta hehtaaria lähtötilanteen metsästä säilyy metsänä, muuttuu pelloksi, viheralueeksi ja rakennetuksi alueeksi, ja vastaavasti muille maankäyttöluokille. Näiden tietojen avulla saadaan kuvattua paremmin muutoksen dynamiikka ajan yli hiilivarastojen muuttuessa maankäyttömuutoksen jälkeen kohti uutta vakaata tilaa. Tällä havainnollistetaan erityisesti maaperän hiilivaraston voimakasta viivettä varaston koon muutoksessa.
Tarkkuustaso 3	Muutokset kuvataan viheraluehoitoluokittaisena muutosmatriisina. Tarkentaa edelleen muutosdynamiikan kuvausta.
Metsien kuvaus kaikilla tarkkuustasoilla	Metsien osalta lähtötilanne määritellään tarkemmin kuin pelkkänä kokonaispinta-alana, jolloin voidaan tarkentaa kasvillisuuden ja maaperän hiilivaraston arviota lähtötilanteessa huomattavasti. Metsä voidaan kuvata määrittelemällä sen kasvupaikka- ja kehitysluokkakausa sekä puuston määrä kehitysluokittain.

Seuraavassa kaaviossa on esitetty yhteenvetona laskennan kulku eri tarkkuustasoilla.



2.4 Menetelmän tietopohja ja perusteet

Laskentamenetelmä on parametrisoitu Espoon, Helsingin, Lahden, Turun ja Vantaan kaupungeille käyttäen Metsäntutkimuslaitoksen vuoden 2011 Valtakunnan metsien inventoinnin tuloksia kuvaamaan metsien biomassan määrää näissä kaupungeissa. Laskentatyökalua suositellaan käytettävän kunnissa, jotka sijaitsevat mainittujen kuntien läheisyydessä, tai joiden metsien rakenne on samankaltainen kuin käytettäväksi valittavissa esimerkkikunnissa. Metsien rakenne on esitetty kaupunkikohtaisesti hankkeen osan 1 raportista.

Kasvillisuuden ja maaperän hiilivarastojen osalta laskenta perustuu hankkeen osan 1 tuloksiin, jotka on esitetty raportissa "Kuntien hiilitasekartoitus osa 1: Helsingin, Lahden, Turun, Vantaan ja Espoon maankäyttösektorin kasvihuonekaasupäästöt, hiilinielut ja hiilivarastot". Raportissa kuvatuista laskelmista on otettu maankäyttöluokittaiset hiilivarastojen suuruudet, joista on laskettu keskiarvot yllä kuvattuja laskentatyökalun eri tarkkuustasoja vastaaviin tilanteisiin eri ajanhetkille maankäyttömuutoksen jälkeen.

Uuden rakennuskannan pääarakenteiden, rakentamisen ja rakenteiden uusimisen hiilijalanjäljen laskenta perustuu Suomen ympäristökeskuksen Synergia-hiilijalanjälkilaskuriin (Puukka 2012) ja viime vuonna julkaistuun uusimpaan ohjeistukseen Rakennusten elinkaarimittarit (2013), joka on alustavaa esityötä tuleviin materiaalihokkuutta koskeviin rakentamisen energiatehokkuusmääräyksiin.

2.5 Epävarmuustekijät

Koska maankäytön muutosten vaikutukset hiilivarastoihin arvioidaan laskentatyökalussa osan 1 tulosten perusteella, pätevät siihen samat epävarmuustekijät kuin osan 1 laskennan tuloksiin (ks. osan 1 raportti). Talorakenteiden hiilijalanjälki- ja hiilivarastoluvut perustuvat kerrostalotyyppiin. Muita rakennustyyppiejä ei ole laskentaan sisällytetty.

2.6 Jatkokehittämistarpeet

Laskentatyökalua testattiin tässä hankkeessa kolmella todellisella esimerkkialueella: uudisrakentamis-, täydennysrakentamis- ja keskusta-aluekohteessa. Jatkossa työkalua tulisi pilotoida kaavoittajan tai suunnittelijan toimesta jossakin todellisessa aluerakentamiskohteessa ja ottaa työkalu mukaan kohteen maakäyttövaihtoehtojen vaikutusten arviointiin. Toimenpidevalikoima tulisi niin ikään testata käytännössä ja määrittää kustannustehokkaimmat toimenpiteet erityisesti maankäytön suunnittelussa ja viherrakentamisessa.

Jatkossa Excel-laskentatyökalusta voidaan kehittää entistä helppokäyttöisempi, nopeampi ja visuaalisesti houkuttelevampi käyttöliittymä. Työkalun kehittämiseksi tulee määrittää työkalun päivittämisen vastuut ja aikataulu. Työkalun markkinointiin ja pilotointiin tulee varata jatkossa riittävät resurssit.

3 Hiilitase -laskentatyökalun käyttö

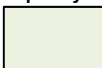
Excel-pohjainen hiilitaselaskuri on ladattavissa osoitteessa www.ilmastotyokalut.fi..

3.1 Vaihe 1: Tarkasteltavien vaihtoehtojen valinta

Laskentatyökalun käyttö alkaa kaava-alueen tarkastelulla. Laskentaa varten valitaan 1-3 vertailtavaa maakäyttösuunnitelmaa. Suunnittelualan rajausta on oltava sama kaikissa vaihtoehdoissa.

3.2 Vaihe 2: Lähtötietojen syöttäminen työkaluun

Laskentatyökalu on Excel-tiedosto, jonka välilehdille laskennan lähtötiedot syötetään. Työkalussa on vaihtoehtoisia laskennan tarkkuustasoja:

Karkeimman laskentatason vaatimat syöttötiedot on korostettu laskentapohjaan tummanvihreällä taustalla 	Valinnaiset, laskennan tulosta tarkentavat syöttötiedot on korostettu laskentapohjaan vaaleanvihreällä taustalla 
---	---

Laskentapohjalle on lisäksi rakennettu lähtötietojen tarkistus: Laskentapohjalla esitetään punaisella huomautuksia, mikäli tietoja puuttuu tai pinta-alatiedot eivät täsmää lähtötilanteen ja suunnitelman kuvaaman tilanteen välillä. Pinta-alatietojen vertailuun voidaan asettaa sallituksi halutun suuruinen virhemarginaali välilehdellä 2.

1. Johdanto Välilehti kuvaa lyhyesti työkalun tarkoituksen ja sen laskentaperusteet.

2. Perustiedot Käyttäjä valitsee kaupungin, jonka alueelle laskenta tehdään, määrittelee kokonaispinta-alan sekä vertailtavat suunnitelmat (1-3 kpl), joille antaa niitä kuvaavat nimet.

3. Maankäytön muutos

Käyttäjä valitsee ensin tarkkuustason, jolla kuvaa maankäytön muutokset laskentaan, ja syöttää sen jälkeen eri maankäyttöluokkien pinta-alat suunnittelun lähtötilanteessa ja kaavan mukaisen lopputilanteen mukaan. Tiedot syötetään jokaiselle vertailtavalle kaavasunnitelmalle yhteen kolmesta vaihtoehtoisesta taulukosta:

Tarkastelutasolla 1 täytetään ainoastaan välilehden taulukko 1 *"Yleistävin määrittely maankäytön muutokselle"*, jossa määritellään maankäytön muutokset lähtötilanteen ja suunnitelman mukaisina maankäyttöluokkien kokonaispinta-aloina.

Tarkastelutasolla 2 täytetään taulukon 1 lisäksi taulukko 2 *"Tarkempi määrittely; muutokset päämaankäyttöluokkien välillä"*, jossa määritellään muutosmatriisi eri päämaankäyttöluokkien välillä pinta-aloina.

Tarkastelutasolla 3 täytetään taulukon 1 lisäksi taulukko 3 *"Tarkin määrittely; muutokset viheraluehoitoluokkien välillä"*, jossa määritellään samanlainen muutosmatriisi kuin taulukossa 2, mutta viheraluehoitoluokittain.

4. Rakenteet

Käyttäjä kirjaa välilehden taulukoihin rakennusten kerrosneliömetrit ja viherrakenteiden määrät lähtötilanteessa ja kaavan kuvaamassa lopputilanteessa.

Täydennysrakentamiskohde:

Tässä kohdassa voi antaa tiedot lisätietoa antavaan erilliseen laskelmaan, jossa verrataan hiilivarastojen muutoksia, mikäli vastaava määrä rakentamista tehtäisiin täydennysrakentamisen sijaan uudisrakentamisena.

Kohdassa kuvataan kuvitteellisen uudisrakennusalueen lähtötilanne, ja miten se muuttuisi rakentamisen seurauksena.

3.3 Vaihe 3: Tulosten tulkinta

Tulokset esitetään kahdella välilehdellä. Muutos esitetään sekä hiilidioksidiekvivalenttitonneina (t CO₂-ekv), että suhteutettuna keskimääräisen suomalaisen vuosittaiseen hiilijalanjälkeen 12,8 tn CO₂-ekv (<http://tinyurl.com/lckz3ao>).

5. Tulos, lopputila

Välilehti sisältää tulokset kaikille lähtötietojen tarkkuustasoille. Välilehden luvut kuvaavat kokonaismuutoksen lähtötilanteesta uuden maankäyttötilanteen vakiintuneeseen hiilivarastojen tilaan.

6. Tulos, muutos ajan yli

Välilehti sisältää tulokset, mikäli lähtötiedot on määritelty maankäyttöluokkien muutosmatriiseina tarkkuustasolla 2 tai 3. Tuloksissa esitetään hiilivaraston muutokset 10, 50 ja 100 vuoden kuluttua maankäytön muutoksesta.

4 Esimerkkilaskelmat

Hiilitase-laskentatyökalua testattiin työssä kolmella erityyppisellä esimerkkialueella:

- Uudisrakentamiskohde
- Täydennysrakentamiskohde
- Keskusta-alue.

Kunkin esimerkkilaskelman lähtötietoina olivat esimerkkialueiden voimassaolevaa kaavaa tai kaavaluonnosta (base case = vaihtoehto A) kuvaavat luvut. Esimerkkialueiden base case -kaavalle laadittiin vaihtoehtoinen maankäyttöratkaisu, joka kaava-alueen ominaisuuksien ja rakentamisoikeuden puitteissa maksimoisi hiilinielua ja minimoisi maankäytön muutoksen kasvihuonekaasupäästöjä. Vaihtoehtoisen maankäyttöratkaisun laatimisessa ei keskitytty kaava-aluetta koskeviin muihin tavoitteisiin, kuten kaupunkikuvallisiin tai liikenteellisiin tavoitteisiin.

Esimerkkialueiden vaihtoehtoisten maankäyttöratkaisujen tutkimisessa lähtökohdana olivat seuraavat periaatteet:

- Vertailukelpoisuuden vuoksi alueelle sijoitettiin kaikissa vaihtoehdoissa sama määrä rakennusoikeutta ($k\text{-m}^2$).
- Rakennetun alueen ja päällystettyjen katualueiden määrä pyrittiin minimoimaan
- Säilyvien metsäalueiden määrä pyrittiin maksimoimaan.
- Puurakentamisen ja viherkattojen/-kansien määrä pyrittiin mahdollisuuksien mukaan maksimoimaan.
- Tarkastelut olivat viitteellisiä eivätkä ratkaisuissaan kaikilta osin realistisia.

Seuraavissa luvuissa 4.1 -4.3 esitetään esimerkkilaskelmien tulokset. Laskelmien idean havainnollistamiseksi uudisrakentamiskohteen vaihtoehdot B ja C esitetään tässä kuvina. On tärkeä huomioida, että vaihtoehtokuvat ovat viitteellisiä.

4.1 Uudisrakentamiskohde

4.1.1 Vaihtoehtojen kuvaus

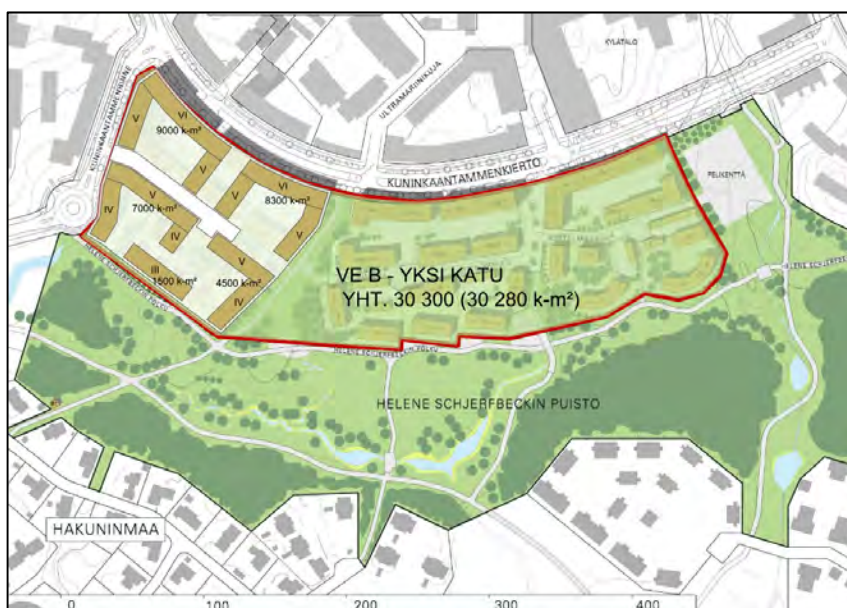
Uudisrakentamiskohteen vaihtoehtona A oli voimassa oleva asemakaava yleiskaavan pientaloille varaamalla alueella. Vaihtoehdolle A laadittiin kaksi vaihtoehtoista maankäyttöratkaisua B ja C.

Maanalaisen pysäköinnin vuoksi pihat sijoituivat kaikissa vaihtoehdoissa osin pihakannen päälle. Kansirakenteita ei ole huomioitu laskelmassa lähtötietojen puutteesta johtuen.

Laskennan lähtötiedot on esitetty seuraavassa taulukossa.

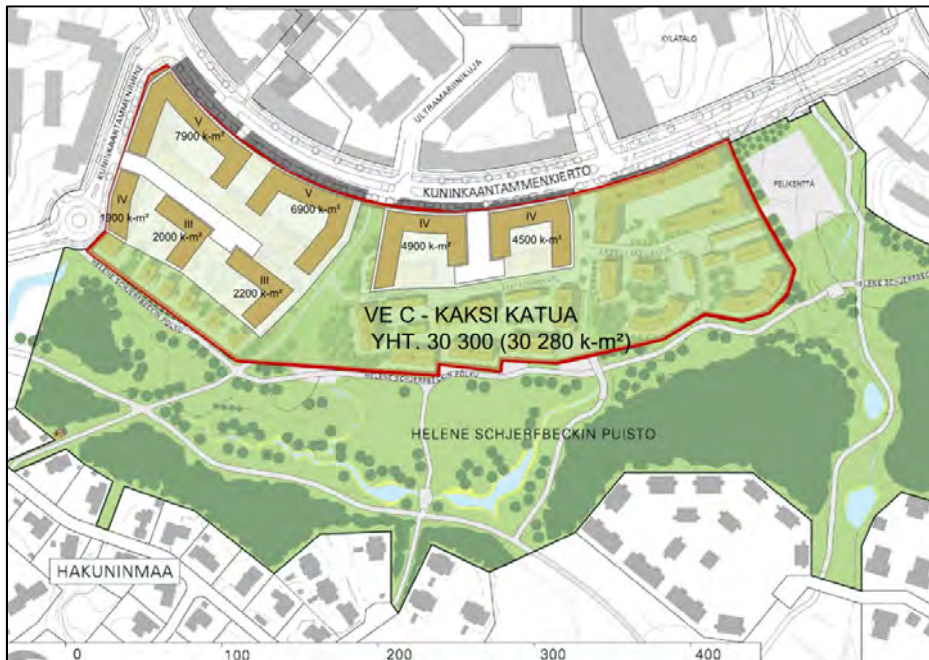
Laskennan lähtötiedot	Alueen nykytilanne	Voimassa oleva asemakaava, VE A (base case)	Hypoteettinen asemakaava, VE B	Hypoteettinen asemakaava, VE C
Suunnittelualueen pinta-ala (ha)	4,6845	4,6845	4,6845	4,6845
Suunnittelualueen eri maankäyttöluokkien pinta-alat (ha)				
- metsämaa	4,3230	0,0500	2,6743	2,1599
- rakennettu alue	0,3615	4,4345	2,0102	2,5246
- rakennettu viheralue		0,2000		
Viherkattojen pinta-ala, m ²	0	1 000	1 000	1 000
Rakennusten pääasiallinen rakennusmateriaali (k-m ²)				
- puu		30 280	21 280	30 280
- betoni	535		9 000	

Vaihtoehtona B tarkasteltiin korttelirakennetta, jossa sama rakennusoikeus sijoitettiin kokonaisuudessaan yhteen korttelialuekokonaisuuteen. Erillispientaloja ei tällöin kortteliin osoitettu lainkaan, ja korttelin pohjoisreunan kerrostaloihinkin lisättiin kerroksia alkuperäiseen suunnitelmavaihtoehtoon verrattuna. Korkeimpien rakennusten (kerrosluku VI) oletettiin olevan betonirakenteisia ja I-V-kerroksisten rakennusten puurakenteisia. Autopaikat sijoitettiin koko korttelialueen laajuiseen maanalaiseen pysäköintikerrokseen. Katualueita jäi kaava-alueen pohjoispuolella olevan kokoojakadun lisäksi vain yksi kaava-alueen sisälle.



Kuva 1. Viitteellinen kuva uudisrakentamiskohteen vaihtoehdosta B.

Vaihtoehtona C tarkasteltiin korttelirakennetta, jossa sama rakennusoikeus sijoitettiin maksimissaan viisikerroksisiin rakennusmassoihin. Rakentaminen keskitettiin edellistä vaihtoehtoa laajemmin alueen pääkokoojakadun varteen, mutta kuitenkin siten, että katualueiden määrä edelleen pyrittiin pitämään mahdollisimman pienenä. Kaikkien rakennusten oletettiin tässä vaihtoehdossa olevan puurakenteisia. Autopaikat oletettiin tässäkin vaihtoehdossa toteutettavan ns. rakenteellisenä pysäköintinä asuinkortteleiden alle sijoittuvissa pysäköintikerroksissa.



Kuva 2. Viitteellinen kuva uudisrakentamiskohteen vaihtoehdosta C.

4.1.2 Tulokset

Seuraavassa taulukossa esitetään hiilivarastojen muutokset (tn CO₂-ekv), kun hiilivarastot ovat saavuttaneet vakaan tilan maankäyttömuutoksen jälkeen. Hiilivaraston koon vakiintumiseen kuluu aikaa satoja vuosia. Laskennassa on käytetty 300 vuoden aikajännettä. Vertailuluvuksi on lisäksi esitetty rakenteisiin eri vaihtoehdoissa sitoutuvan hiilen määrä. Tätä rakennusten elinkaaren aikaista hiilivarastoa ei oteta huomioon rakenteiden elinkaaren hiilijalanjäljen laskennassa.

Vaihtoehdossa B saadaan pienennettyä merkittävästi maaperän ja kasvillisuuden hiilivaraston menetystä keskittämällä rakennuskantaa mahdollisimman paljon. Koska tämä kuitenkin vaatisi rakenteiden osittaista vaihtamista puurakenteista betoniin, kasvaa rakenteiden hiilijalanjälki tässä vaihtoehdossa verrattuna vaihtoehtoon A, eli voimassa olevaan asemakaavaan. Vaihtoehdossa C saavutetaan kokonaisuudessa paras tulos hiilivarastojen ja hiilijalanjäljen kannalta tiivistämällä rakennuskantaa vain sen verran, että kerrosala voitaisiin edelleen saavuttaa puurakentamisella.

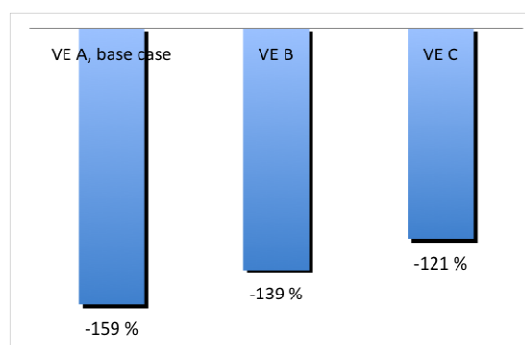
	Hiilivarastot lähtötilanteessa	Hiilivarastojen muutos, VE A	Hiilivarastojen muutos, VE B	Hiilivarastojen muutos, VE C
Maaperän hii- livarasto	1 812	-1 167	-451	-592
Kasvillisuuden hiilivarasto	1 185	-1 158	-450	-591
Välisumma: maankäytön muutokset yh- teensä		-2 324	-901	-1 183
Rakenteiden hiilijalanjälki		-2 453	-3 273	-2 453
Yhteensä	2 997	-4 777	-4 174	-3 636
Vertailuluku: Rakenteiden hiilivaraston muutos		2 482	1 753	2 482

Seuraavassa taulukossa on esitetty, kuinka monen keskimääräisen suomalaisen vuosittaista hiilijalanjälkeä (12,8 tn CO₂-ekv) tapahtunut muutos vastaa.

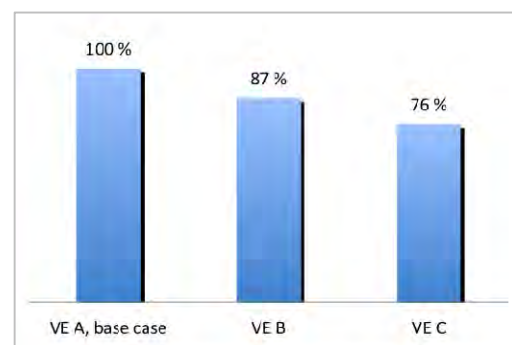
Hiilivarastojen muutos keskimääräisen suomalaisen vuosittaisena CO₂-jalanjälkenä ilmaistuna. Taulukon luvut ovat henkilölukumääriä.

	Hiilivarastojen muutos, VE A	Hiilivarastojen muutos, VE B	Hiilivarastojen muutos, VE C
Maaperän hiilivarasto	-91	-35	-46
Kasvillisuuden hiilivarasto	-90	-35	-46
Välisumma: maankäytön muutokset yhteensä	-182	-70	-92
Rakenteiden hiilijalanjälki	-192	-256	-192
Yhteensä	-373	-326	-284
Vertailuluku: Rakenteiden hiilivaraston muutos	194	137	194

UUDISRAKENTAMISKOHDE

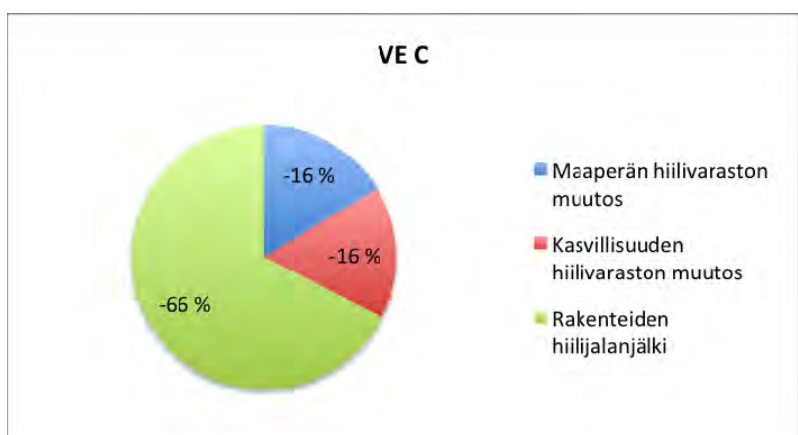
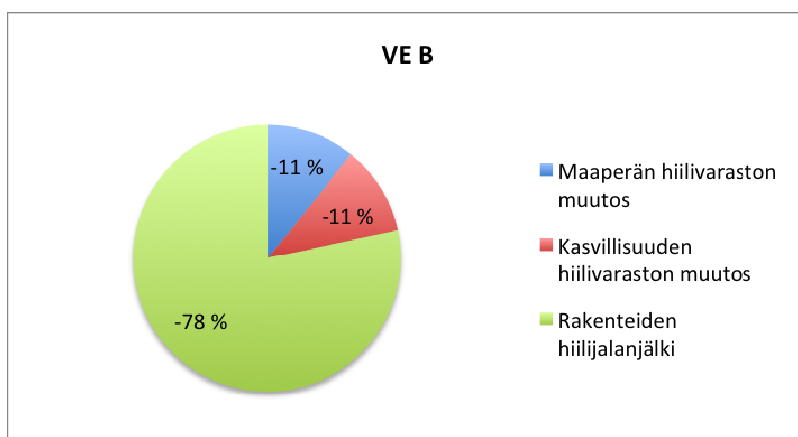
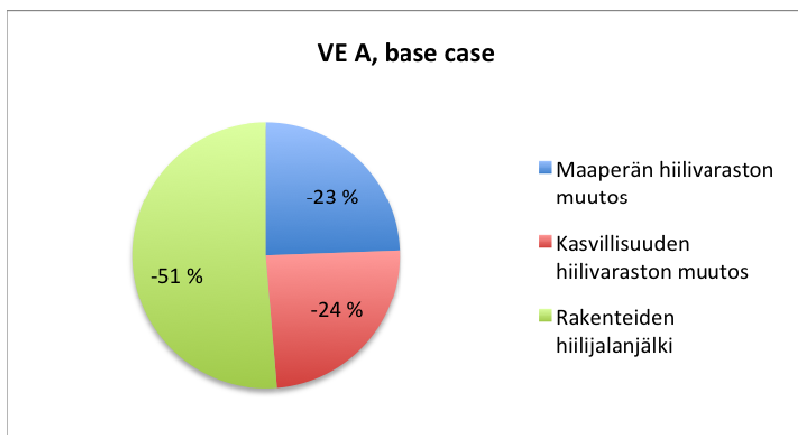


Hiilivarastojen muutoksen ja rakenteiden hiilijalanjäljen suuruus verrattuna lähtötilanteeseen.



Hiilivarastojen muutoksen ja rakenteiden hiilijalanjäljen suuruus verrattuna suunnitelmaan VE A.

Seuraavissa kuvissa on esitetty eri tekijöiden suhteelliset osuudet hiilivarastojen muutoksissa uudisrakentamiskohteen vaihtoehdossa A (base case) ja hypoteettisissa vaihtoehdossa B ja C.



4.2 Täydennysrakentamiskohde

4.2.1 Vaihtoehtojen kuvaus

Vaihtoehtona A oli kaupungin laatima kaavaluonnos. Täydennysrakentamiskohteen kaavaluonnokselle laadittiin **vaihtoehtoinen maankäyttöratkaisu VE B**. Vaihtoehdossa B oleellisin toimenpide oli sijoittaa rakentaminen niin, että mahdollisimman paljon olemassa olevaa kasvillisuusaluetta säilyisi rakentamisesta huolimatta. Vaihtoehdossa B metsäalueelle ja puistoalueelle sijoitetut korttelialuekokonaisuudet sijoitettiin toisiin korttelialuekokonaisuuksiin lisäämällä kerrostaloihin kerroksia vaihtoehtoon A verrattuna. Poistetuista korttelikokonaisuuksista yksi sijoittui metsäalueelle ja kuusi puistoalueelle. Rakennusten rakennusmateriaaleihin ei tehty vaihtoehdossa B muutoksia, koska kerrostalojen kerroslukua lisättiin. Viherkattojen määrää ei lisätty vaihtoehdossa B vaihtoehtoon A verrattuna, koska kortteleita sijoitettiin uudelleen ja potentiaalisten kattojen määrä väheni.

Laskennan lähtötiedot on esitetty seuraavassa taulukossa.

Laskennan lähtötiedot	Alueen nykytilanne	Kaavaluonnos, VE A (base case)	Hypoteettinen kaavaluonnos, VE B
Suunnittelualueen pinta-ala (ha)	22,2316	22,2316	22,2316
Suunnittelualueen eri maankäyttöluokkien pinta-alat (ha)			
- metsämaa	1,8499	0,9613	1,6415
- rakennettu alue	10,6558	15,6916	13,0106
- rakennettu viheralue	4,2357	2,672	2,672
- muu avoin viheralue	5,4722	2,9067	4,9075
Viherkattojen pinta-ala, m ²	0	1000	1000
Rakennusten pääasiallinen rakennusmateriaali (k-m ²)			
- puu		36 810	36 810
- betoni	28 200	28 200	28 200

4.2.2 Tulokset

Seuraavassa taulukossa esitetään hiilivarastojen muutokset (tn CO₂-ekv), kun hiilivarastot ovat saavuttaneet vakaan tilan maankäyttömuutoksen jälkeen. Hiilivaraston koon vakiintumiseen kuluu aikaa satoja vuosia. Laskennassa on käytetty 300 vuoden aikajännettä. Lisäksi on esitetty vertailulukuna rakenteisiin niiden elinkaaren ajaksi sitoutuvan hiilen määrä (tn CO₂-ekv).

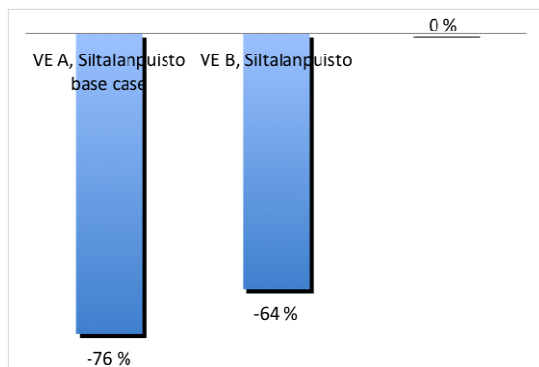
Koska vaihtoehdossa B minimoitiin maankäyttömuutosten pinta-ala, pienenevät niistä seuraavat maaperän ja kasvillisuuden hiilivarastojen muutokset merkittävästi. Vaihtoehdossa B maankäytön muutoksista aiheutuvat hiilivarastomuutokset ovat enää 10% kokonaismuutoksesta. Koska uusi rakennuskanta on molemmissa vaihtoehdoissa täysin puurakenteista, on myös rakenteiden hiilijalanjälki pienin mahdollinen kaavoitettuun kerrosalaan nähden.

	Hiilivarastot lähtötilanteessa	Hiilivarastojen muutos, VE A	Hiilivarastojen muutos, VE B
Maaperän hiilivarasto	4 605	-398	-127
Kasvillisuuden hiilivarasto	1 092	-493	-182
Välisumma: maankäytön muutokset yhteensä		-891	-310
Rakenteiden hiilijalanjälki		-2 982	-2 982
Yhteensä	5 157	-3 873	-3 291
Vertailuluku: Rakenteiden hiilivaraston muutos		3 108	3 108

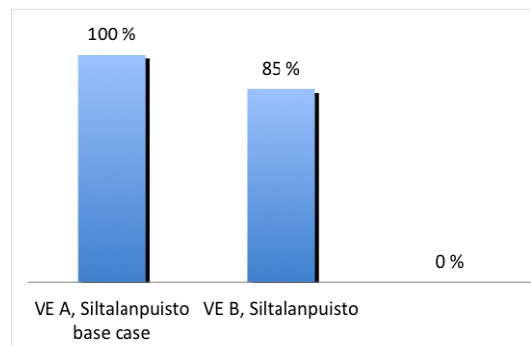
Seuraavassa taulukossa on esitetty, kuinka monen keskimääräisen suomalaisen vuosittaista hiilijalanjälkeä (12,8 tn CO₂-ekv) tapahtunut muutos vastaa.

Hiilivarastojen muutos keskimääräisen suomalaisen vuosittaisena CO₂-jalanjälkenä ilmaistuna. Taulukon luvut ovat henkilölukumääriä.		
	Hiilivarastojen muutos, VE A	Hiilivarastojen muutos, VE B
Maaperän hiilivarasto	-31	-10
Kasvillisuuden hiilivarasto	-39	-14
Välisumma: maankäytön muutokset yhteensä	-70	-24
Rakenteiden hiilijalanjälki	-233	-233
Yhteensä	-303	-257
Vertailuluku: Rakenteiden hiilivaraston muutos	194	194

TÄYDENNYSRAKENTAMISKOHDE

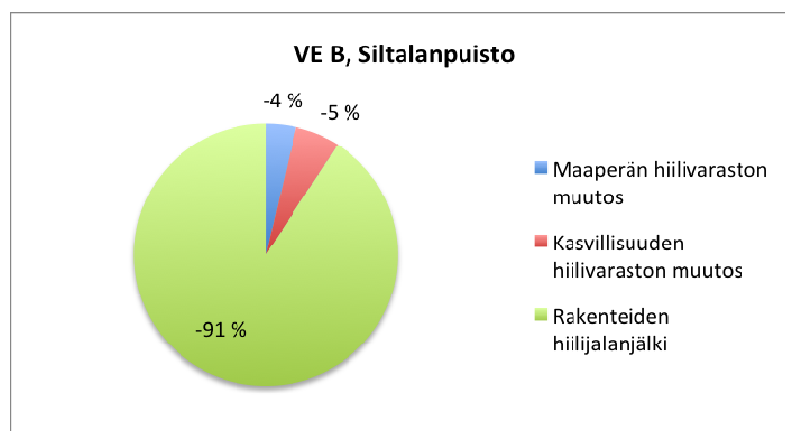
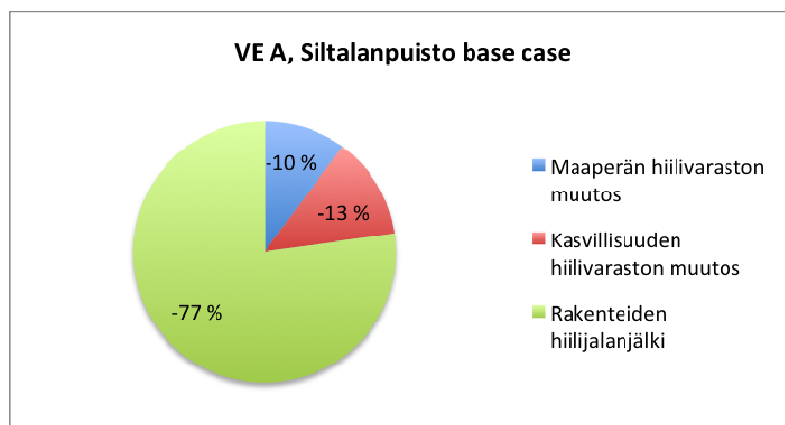


Hiilivarastojen muutoksen ja rakenteiden hiilijalanjäljen suuruus verrattuna lähtötilanteeseen.



Hiilivarastojen muutoksen ja rakenteiden hiilijalanjäljen suuruus verrattuna suunnitelmaan VE A.

Seuraavissa kuvissa on esitetty eri tekijöiden suhteelliset osuudet hiilivarastojen muutoksissa suunnitelmissa A (base case) ja B.



4.3 Keskusta-alue

4.3.1 Vaihtoehtojen kuvaus

Vaihtoehtona A oli kaupungin laatima kaavaluonnos. **Vaihtoehtoinen maankäyt-töratkaisu VE B** muodostettiin niin, että yksi metsäalueelle sijoitettu kerrostalo poistettiin ja vastaava rakennusoikeus sijoitettiin muihin rakennettaviin kerrosta-loihin kerroksia lisäämällä. Koska kerrostalojen kerrosluku kasvoi vaihtoehdossa B kerroslukuun VIII, rakennusmateriaaliksi oletettiin betoni. Vaihtoehdossa B kaikkiin uudisrakennuksiin osoitettiin viherkatot. Laskennan lähtötiedot on esitetty seuraavassa taulukossa.

Laskennan lähtötiedot	Alueen nykytilanne	Kaavaluonnos, VE A (base case)	Hypoteettinen kaavaluonnos, VE B
Suunnittelualan pinta-ala (ha)	1,8984	1,8984	1,8984
Suunnittelualan eri maankäyttöluokkien pinta-alat (ha)			
- metsämaa			0,1
- rakennettu alue	ei tietoa	1,7699 (lisäys)	1,6699 (lisäys)
- muu avoin viheralue	2,3316	0,5617	0,5617
Viherkattojen pinta-ala, m ²	0	1 400	2 800
Viherkansi puilla, m ²	0	9 000	8 300
Rakennusten pääasiallinen rakennusmateriaali (k-m ²)			
- puu			
- betoni	18 984	37 505	37 505

4.3.2 Tulokset

Seuraavassa taulukossa esitetään hiilivarastojen muutokset (tn CO₂-ekv), kun hiilivarastot ovat saavuttaneet vakaan tilan maankäyttömuutoksen jälkeen. Hiiliva-raston koon vakiintumiseen kuluu aikaa satoja vuosia. Laskennassa on käytetty 300 vuoden aikajännettä. Lisäksi on esitetty vertailulukuna rakenteisiin niiden elinkaaren ajaksi sitoutuvan hiilen määrä (tn CO₂-ekv).

Vaihtoehdossa B saadaan pienennettyä kasvillisuuden hiilivaraston vähenemistä pienentämällä rakennusalan tarvetta. Koska tässä tapauksessa maankäyttömuu-tos on muusta avoimesta viheralueesta rakennetuksi alueeksi – eikä esimerkiksi metsästä rakennetuksi alueeksi – maaperän hiilivaraston muutos on vähäinen. Eroja pienentää lisäksi se, että viherrakenteissa hiilivarastot kasvavat vähemmän vaihtoehdossa B, jossa muuten säilyy enemmän maaperän ja kasvillisuuden hiili-varastoja. Niinpä kaiken kaikkiaan kaavavaihtoehtojen väliset erot jäävät hyvin pieniksi.

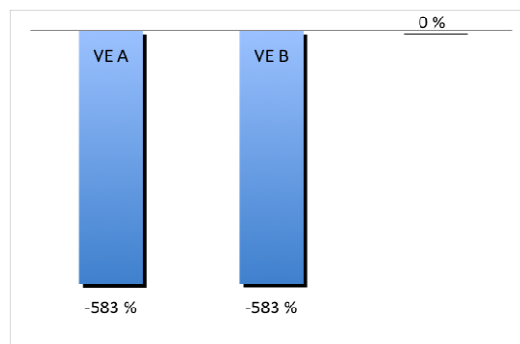
	Lähtötilanteen hiilivarasto	Hiilivarastojen muutos, VE A	Hiilivarastojen muutos, VE B
Maaperän hiilivarasto	424	33	33
Kasvillisuuden hiilivarasto	161	-58	-53
Välisumma: maankäytön muutokset yhteensä		-25	-20
Rakenteiden hiilijalanjälki		-3 389	-3 389
Yhteensä	585	-3 414	-3 409
Vertailuluku: Rakentei- den hiilivaraston muutos		19	19

Seuraavassa taulukossa on esitetty, kuinka monen keskimääräisen suomalaisen vuosittaista hiilijalanjälkeä (12,8 tn CO₂-ekv) tapahtunut muutos vastaa.

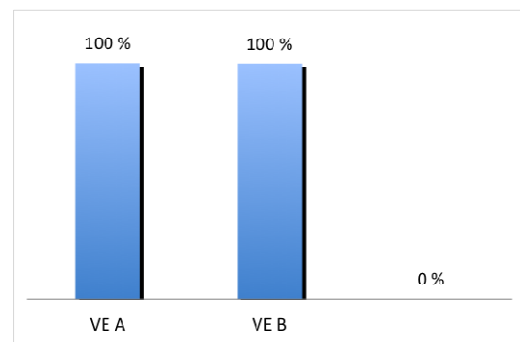
Hiilivarastojen muutos keskimääräisen suomalaisen vuosittaisena CO₂-jalanjälkenä ilmaistuna. Taulukon luvut ovat henkilölukumääriä.

	Hiilivarastojen muutos, VE A	Hiilivarastojen muu- tos, VE B
Maaperän hiilivarasto	3	3
Kasvillisuuden hiilivarasto	-5	-4
Välisumma: maankäytön muutokset yhteensä	-2	-2
Rakenteiden hiilijalanjälki	-265	-265
Yhteensä	-267	-266
Vertailuluku: Rakenteiden hiilivaraston muutos	1	1

KESKUSTA-ALUE

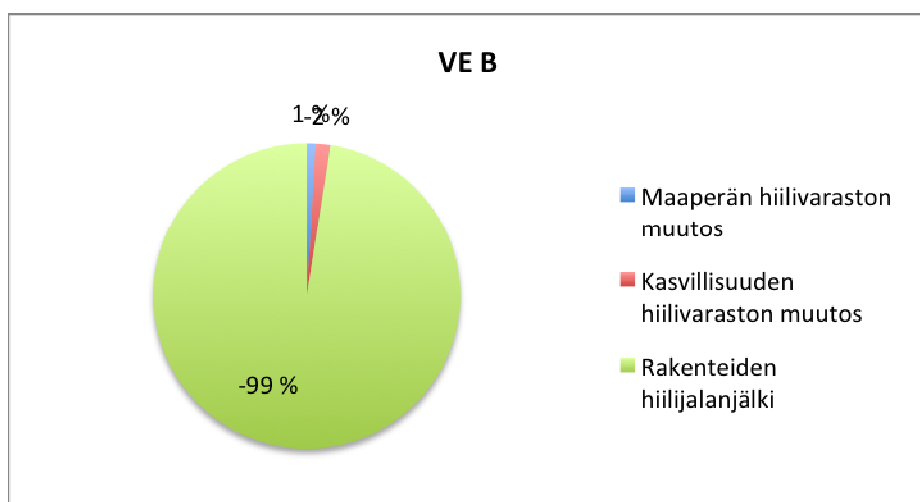
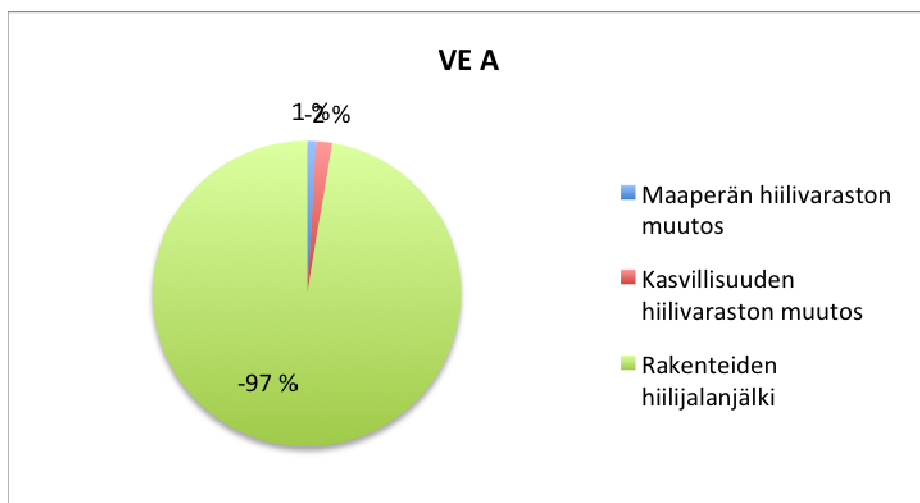


Hiilivarastojen muutoksen ja rakenteiden hiilijalanjäljen suuruus verrattuna lähtötilanteeseen.



Hiilivarastojen muutoksen ja rakenteiden hiilijalanjäljen suuruus verrattuna suunnitelmaan VE A.

Seuraavissa kuvissa on esitetty eri tekijöiden suhteelliset osuudet hiilivarastojen muutoksissa eri suunnitelmissa A (base case) ja B.



5 Kaavoittajan ja suunnittelijan toimenpidevalikoima

Maankäytön suunnittelulla ohjataan alueiden käyttöä ja rakentamista. Keskeinen maankäytön suunnitteluväline on maankäyttö- ja rakennuslain mukainen kaavajärjestelmä, johon sisältyvät valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet, maakunta-kaava, yleiskaava ja asemakaava.

Seuraavissa luvuissa 5.1-5.5 on kuvattu, miten hiilinieluihin voidaan vaikuttaa alueiden suunnittelussa ja kaavoituksessa. Luvuissa 5.6. - 5.8 esitetään viherrakentamisen ja puurakentamisen keinoja lisätä alueen hiilinielupotentiaalia ja hiilivarastoja.

Toimenpiteiden vaikutusten suhteellista merkittävyyttä on arvioitu kolmiportaisella asteikolla seuraavin kriteerein:

Vaikutuksen merkittävyys	Kriteerit
Suuri positiivinen +++	Toimenpide on alueen hiilivarastojen ylläpitämisen ja maankäyttömuutoksesta aiheutuvien kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisen kannalta tärkeä. Alueen hiilitaseeseen liittyvistä toimenpiteistä päätettäessä toimenpide on ensisijainen.
Keskisuuri positiivinen ++	Toimenpide vaikuttaa jossain määrin positiivisesti alueen hiilivarastojen ylläpitämiseen ja vähentää maankäytön muutoksesta johtuvia kasvihuonekaasupäästöjä. Alueen hiilitaseeseen liittyvistä toimenpiteistä päätettäessä toimenpide on toissijainen. Toimenpiteellä on kuitenkin positiivisia vaikutuksia myös esim. luonnon monimuotoisuuteen, ihmisten elinoloihin ja alueen viihtyvyyteen.
Pieni positiivinen +	Toimenpiteen vaikutus alueen hiilivarastoihin ja maankäytön muutoksesta johtuviin kasvihuonekaasupäästöihin on marginaalinen. Alueen hiilitaseeseen liittyvistä toimenpiteistä päätettäessä toimenpide on toissijainen. Osalla toimenpiteistä voi kuitenkin olla positiivisia vaikutuksia myös esim. luonnon monimuotoisuuteen, ihmisten elinoloihin ja alueen viihtyvyyteen.
Vaikutus epävarma	Toimenpiteen vaikutusta alueen hiilivarastoihin on tutkittu, mutta vaikutuksen suuruus, suunta ja merkitys alueen hiilivarastojen kannalta on epävarma tai tulokset ovat osin ristiriitaiset.

Toimenpidevalikoima on koottu kaavoittajan ja suunnittelijan tarkistuslistaksi raportin liitteeseen 1.

5.1 Valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet

Valtioneuvoston linjaamien valtakunnallisten alueidenkäyttötavoitteiden tarkoitus on varmistaa valtakunnallisesti merkittävien seikkojen huomioon ottaminen maakuntien ja kuntien kaavoituksessa.

Valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet tarkistettiin vuonna 2008, jolloin ilmastomuutoksen hillitseminen otettiin tavoitteissa huomioon. Valtakunnallisissa alueidenkäyttötavoitteissa ei varsinaisesti mainita hiilinielujen säilyttämistä. Monet tavoitteet kuitenkin koskevat ennen kaikkea metsäalueiden säilyttämistä. Tavoitteissa painotetaan yhdyskuntarakenteen eheyttä sekä suojelualueiden ja muiden merkittävien luontokohteiden välisten ekologisten yhteyksien säilyttämistä ja vahvistamista. Alueiden virkistyskäyttöä tulisi kehittää suojelutavoitteita vaarantamatta. Taajamien viheralueiden tulisi muodostaa yhtenäisiä kokonaisuuksia, eikä suuria metsä- tai peltoalueita saisi pirstoa ilman erityistä tarvetta.

Nämä tavoitteet tukevat myös hiilinielujen säilymistä, sillä tehokkaimmat hiilinielut ovat metsissä. Mitä enemmän metsien pinta-ala pienenee pirstaloitumisen myötä ja jäljelle jäävien metsien hiilensidontakyky alenee rakentamisen vaikutuksesta (esim. avoimet, puistomaiset virkistysmetsät), sitä heikompia hiilinieluja ne ovat. Valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet tulee ottaa huomioon maankäytön suunnittelussa ja kaavoituksessa.

5.2 Maakuntakaava

Maakuntakaava on maankäyttö- ja rakennuslain mukainen, valtakunnalliset alueidenkäytön tavoitteet huomioiva yleispiirteinen suunnitelma maakunnan tai vastaavan laajan alueen maankäytöstä pitkälle tulevaisuuteen. Maakuntakaavassa osoitetaan alueiden käytön ja yhdyskuntarakenteen suuntaviivat ja periaatteet, muun muassa asumiseen ja virkistykseen soveltuvat alueet sekä varataan alueet esimerkiksi seudullisille ja valtakunnallisille liikenne- ja palvelualueiksi.

Maakuntakaava on hyvin yleisluonteinen, ja siinä voidaan yleisellä tasolla rajata suojeltavia ja kehitettäviä alueita sekä merkitä tärkeitä viheryhteyksiä ja virkistysalueita. Maakuntakaava ei puutu kuntien sisäiseen kaavoitukseen, ellei kaavoituksella ole vaikutuksia myös muihin lähialueisiin.

Maakuntakaavatasolla määritellään viherverkoston sijainti ja laajuus. Maakuntakaavoituksessa tulisi huomioida erityisesti seudullisesti merkittävät virkistysalueet ja niitä yhdistävien viheralueverkostojen jatkuvuus ns. viherkehä-ajattelun mukaisesti. Maakuntakaavalla voidaan turvata metsiä, kosteikkoja ja turvemaita, jotka toimivat alueen tärkeimpinä hiilinieluina. Esimerkiksi taajama-alueiden kasvusuuntia ja -määrää voidaan mahdollisuuksien mukaan ohjata niin, että alueen tärkeimmät hiilinielut säilyvät. Teitä ja raideliikennettä rakennettaessa tulee ottaa huomioon niiden maisemaa pirstova vaikutus ja pyrkiä minimoimaan haitat.

Maakuntakaavan taustaselvityksissä voidaan määrittää kaava-alueen tärkeimmät hiilinielut. Kun maankäytön kehityskuvaa tarkastellaan suhteessa hiilinielujen sijaintiin, saadaan esille hiilinielut, joihin tulevaisuuden maankäyttöpaine kohdistuu.

Suunnittelua voidaan ohjata niin, että alueen tärkeimmät hiilinielut säilyvät elinvoimaisina.

Maakuntakaavassa metsien käyttöä ja alueiden rakennuskäyttöön ottamista voidaan ohjata suojelumääräyksillä. Suojelumääräys voidaan antaa vain, jos alueella on lain edellyttämiä erityisiä ympäristöarvoja.

5.3 Yleiskaava

Yleiskaava on kaupungin tai kunnan maankäytön ja liikenteen järjestämisen yleispiirteinen suunnitelma. Se voi kattaa koko kaupungin tai osia siitä. Yleiskaava voidaan laatia myös kahden tai useamman kunnan alueelle tai se voi koskea jotain tiettyä aihetta, kuten viheralueverkostoa tai liikennettä. Siinä sijoitetaan paikoilleen yhdyskunnan eri toiminnot, kuten asutus, palvelut, työpaikat ja virkistysalueet sekä esitetään niiden välisten yhteyksien järjestäminen.

Yleiskaava on hiilinielujen säilyttämisen kannalta tärkeä kaava. Hiilinielujen kannalta yleiskaavatasolla tulisi huomioida erityisesti seuraavassa taulukossa esitetyt toimenpiteet.

Toimenpide	Vaikutus hiilinieluihin	Vaikutuksen merkittävyys
Sijoitetaan rakentaminen mahdollisuuksien mukaan rakentamiskäytössä oleville tai käytöstä poistetuille alueille tai ennestään vähäpuustoisille ja vähätuotteisille alueille.	Rakentamisen sijoittaminen ennestään käytössä oleville tai käytöstä poistetuille alueille säästää luonnontilaisia alueita rakentamiselta ja tiivistää yhdyskuntarakennetta. Brown field -alueiden uudelleenkäyttö tarjoaa viherrakentamiselle mahdollisuuksia lisätä alueelle kasvillisuutta ja hiilivarastoja. (Ks. luku 5.3.1)	Suuri positiivinen +++
Sijoitetaan rakentaminen olemassa olevan yhdyskuntarakenteen jatkumoksi tai sitä täydentämään.	Tiiviissä ja eheässä yhdyskuntarakenteessa rakennettu maa saadaan tehokkaimmin hyödynnettyä ja tarve muuttaa kasvillisuusalueita rakennusmaiksi pienenee. (Ks. luku 5.3.1)	Suuri positiivinen +++
Säilytetään hiiltä sitovat kasvillisuusalueet, (erityisesti metsät) ja viheryhteydet mahdollisimman laajoina. Välillisesti myös alueiden yhtenäisyydellä voi olla merkitystä, mikäli sen kautta toteutuu suurempi kokonaispinta-ala.	Alueen hiilitaseen kannalta oleellista on olemassa olevien kasvillisuusalueiden säilyttäminen järjestyksessä: luonnontilaiset suot, metsät (erityisesti rehevät kasvupaikat), viljelty pellot, rakennetut viheralueet (puistot). (Ks. luku 5.3.2)	Suuri positiivinen +++

5.3.1 Rakentamisen sijoittaminen

Yleiskaavassa vaikutetaan rakentamisen ja toimintojen sijoittumiseen. Uusia asuinalueita kaavoitettaessa rakentamista tulisi mahdollisuuksien mukaan suunnitella olemassa olevan yhdyskuntarakenteen jatkumoksi tai sitä täydentämään. Tiiviissä ja eheässä yhdyskuntarakenteessa rakennettu maa saadaan tehokaimmin hyödynnettyä ja tarve muuttaa kasvillisuusalueita rakennusmaiksi pienenee. Uuden alueen sijainti suhteessa muuhun yhdyskuntarakenteeseen on oleellinen, koska erillinen sijainti aiheuttaa luonnonvarojen kasvavaa kulutusta muun muassa lisääntyvänä liikenteenä.

Rakentamisen sijoittaminen ennestään käytössä oleville tai käytöstä poistetuille alueille säästää luonnontilaisia alueita rakentamiselta ja tiivistää yhdyskuntarakennetta. Monissa kaupungeissa rakentamattomat ja vajaasti rakennetut tontit ovat hyviä täydennysrakentamisen paikkoja. Täydennysrakentamista voidaan kytkeä myös suoraan olemassa olevaan rakenteeseen. Tästä on esimerkkinä ullakkorakentaminen tai kokonaisen uuden asuinkerroksen rakentaminen kerrostalon katolle. Myös kortteleiden pihapiiristä tai sisäpihoilta voi löytyä paikkoja yksittäisille täydennysrakentamiskohteille.

Mahdollisuuksia täydennysrakentamiseen tulisi etsiä myös käytöstä poistuneilta ns. brown field -alueilta, joita ovat vanhat teollisuus-, varasto-, liikenne- ja sata-ma-alueet. Alueiden uudelleenkäyttö tarjoaa viherrakentamiselle mahdollisuuksia lisätä alueelle kasvillisuutta ja hiilivarastoja.

Rakentamista ovat sekä rakennusten että ympäristön rakentaminen. Rakennusten ja eri toimintoalueiden sijoittaminen vaikuttaa merkittävästi myös siihen, millaisia alueita eri kohteiden välisen liikkumisen ja liikenteen tarpeisiin on varattava. Rakentaminen ja erilaiset liikennetarvetta aiheuttavat toiminnot tulisi sijoittaa siten, että liikenne- ja katualueiden viemä ala jää mahdollisimman vähäiseksi. Pysäköinti-, katu- tai liikennealueiksi ja rakennuspaikoiksi tulisi hiilitasenäkökulmasta valita jo ennestään mahdollisimman vähäpuustoisia tai muutoin hiilensitomiskyvyltään vähäisiä joutomaita tai karuja ja vähätuottoisia alueita.

Henkilöautoliikenne tarvitsee liikennealueiden lisäksi myös tilaa pysäköintiin – pääosaltaan pinnoitettuja, maaperältään muokattuja ja kasvittomia alueita. Hiilitaseen näkökulmasta siis myös pysäköintikäyttöön varattavien alueiden määrä tulisi minimoida. Tähän on monia keinoja. Rakentamista voidaan keskittää joukkoliikenneväylien varteen, jolloin joukkoliikenteelle luodaan paremmat toimintaedellytykset ja samalla ihmiselle mahdollisuuksia helppoon ja sujuvaan liikkumiseen myös ilman omaa autoa. Pysäköinnissä voidaan myös pyrkiä ns. rakenteelliseen pysäköintiin eli pysäköinnin ratkaisemiseen rakennusten yhteydessä sijoittamalla pysäköinti esimerkiksi maanalaiseen pysäköintikerrokseen tai keskitetystä laajemman alueen yhteiseen monikerroksiseen pysäköintitaloon (ks. luku 5.4 Asemakaava).

5.3.2 Hiiltä sitovien kasvillisuusalueiden ja viheryhteyksien säilyttäminen

Alueen hiilitaseen kannalta oleellista on olemassa olevien kasvillisuusalueiden säilyttäminen järjestyksessä: luonnontilaiset suot, metsät (erityisesti rehevät kasvupaikat), viljeltyt pellot, rakennetut viheralueet (puistot). Seuraavassa laatikossa on esitetty, kuinka suuri hiilivarasto eri maankäyttöluokissa on hehtaarilla ennen maankäyttömuutosta. Lähes kaikki tästä varastosta häviää orgaanisen hiilen hajoustoiminnassa satojen vuosien kuluessa rakentamisesta.

Kasvillisuusalueiden hiilivaraston koko viiden hankekaupungin alueella

Luonnontilainen suo (turvamaa, maaperä): **1 955 t CO₂-e/ha** (keskimäärin Suomessa)
Metsä (kivennäismaa, maaperä): **383 t CO₂-e/ha**
Metsä (kivennäismaa, puusto): **241 t CO₂-e/ha**
Pelto (turvamaa, maaperä): **609 t CO₂-e/ha** (keskimäärin Suomessa)
Pelto (kivennäismaa, maaperä): **215 t CO₂-e/ha**
Rakennettu viheralue (A-hoitoluokka, kivennäismaa, maaperä):
187 t CO₂-e/ha
Rakennettu viheralue (A-hoitoluokka, kivennäismaa, kasvillisuus):
104 t CO₂-e/ha

Hiiltä sitovien kasvillisuusalueiden ja viheryhteyksien säilyttämistä on usein perusteltavissa myös muilla ekosysteemipalveluilla, joita alueet tarjoavat tehokkaan hiilensidonnansä lisäksi. Kasvillisuusalueet ja viheryhteydet mm.:

- lisäävät alueen viihtyisyyttä ja tarjoavat asukkaille virkistysmahdollisuuksia
- ylläpitävät luonnon monimuotoisuutta
- puhdistavat ilmaa sitomalla pienhiukkasia, pölyä ja hiilidioksidia
- tuottavat happea
- tasaavat ilman kosteutta
- toimivat tuulen ja melun suojana
- vähentävät rakennusten ilmastointi- ja lämmitystarvetta
- pidättävät, puhdistavat ja imeyttävät hule- ja tulvavesiä
- edistävät ihmisten ja eläinten liikkumista
- monipuolistavat kaupunkiympäristöä.

Esimerkiksi väylien reunakasvillisuus voi yhtä aikaa toimia hiilinieluna, ylläpitää sekä luonnon monimuotoisuutta, maan ravinteikkautta että hulevesien säätelyä ja tarjota lajeille soveltuvia elinympäristöjä.

Hyvä väline kasvillisuusalueiden tuottamien hyötyjen tunnistamiseen on yleiskaavan taustaselvityksiin kuuluvat teemakartat, joissa kasvillisuusalueiden ekosysteemipalvelut sekä viheryhteydet huomioidaan ylikunnallisina verkostomaisina kokonaisuuksina.

5.3.3 Maankäyttöpaineen tarkastelu suhteessa alueen hiilinieluihin

Yleiskaavatasolla voidaan tunnistaa kaava-alueen tärkeimmät hiilinielut ja laskea kaava-alueen kasvillisuusalueisiin, metsiin, puistoihin ja peltoihin, sitoutuneen hiilen kokonaismäärä. Laskenta voidaan tehdä puuston kasvua kuvaavilla ja maaperähiilen kierron malleilla. Laskennan aineistot ja menetelmät on kuvattu tarkemmin tämän hankkeen osan 1 raportissa "Kuntien hiilitasekartoitus osa 1: Helsingin, Lahden, Turun, Vantaan ja Espoon maankäyttösektorin kasvihuonekaasupäästöt, hiilinielut ja hiilivarastot".

Laskennan tuloksilla voidaan havainnollistaa eri alueiden ja maankäyttöluokkien merkitystä hiilen sidonnassa. Kun hiilinielujen sijaintia tarkastellaan suhteessa esimerkiksi valmisteilla olevaan yleiskaavaan, voidaan tunnistaa hiilinielut, joihin tulevaisuuden maankäyttöpaine kohdistuu. Suunnittelua voidaan ohjata niin, että alueen tärkeimmät hiilinielut säilyvät.

5.4 Asemakaava

Asemakaava on alueen käytön yksityiskohtaista järjestämistä, rakentamista ja kehittämistä varten laadittava kaava-asiakirja, jonka tarkoituksena on osoittaa tarpeelliset alueet eri tarkoituksia varten ja ohjata rakentamista ja muuta maankäyttöä paikallisten olosuhteiden, kaupunki- ja maisemakuvan, hyvän rakentamistavan, olemassa olevan rakennuskannan käytön edistämisen ja kaavan muun ohjaustavoitteen edellyttämällä tavalla.

Asemakaavassa määritellään yksittäisten alueiden tuleva käyttö: mitä säilytetään, mitä saa rakentaa, mihin ja millä tavalla. Asemakaava voi koskea hyvin pientäkin aluetta, kuten yksittäistä tonttia.

Asemakaava tai sen muutos esitetään kartalla. Asemakaavaan kuuluvat myös kaavamerkinnot ja -määräykset sekä selostus, jossa osoitetaan mm. alueiden rajat, käyttötarkoitukset ja rakentamisen määrä sekä rakennusten sijoitusta ja rakentamistapaa koskevat periaatteet.

Asemakaavoilla voidaan vaikuttaa yksityiskohtaisesti kunnan alueella olevien metsien, puistojen ja muiden virkistysalueiden säilymiseen ja kehitykseen. Asemakaavatasoalueiden käyttöä sekä rakentamisen ja toimintojen sijoittamista koskevat samat periaatteet ja ohjeet kuin yleiskaavatasoakin, vain hieman tarkemmassa mittakaavassa. Maankunta- ja yleiskaavassa esitetyjä viheralueiden varauksia tarkistetaan ja niihin voidaan perustellusti esittää tarkennuksia asemakaavatyön yhteydessä tehtävien luontoselvitysten ja muiden tutkimusten, esimerkiksi maaperä- ja rakennettavuustutkimusten pohjalta. Hiilinielujen tarkasteluun tarvittavat lähtötiedot voidaan ottaa huomioon kaavoitusta varten tehtävissä selvitksissä.

5.4.1 Alueiden käytön suunnittelu

Maankäyttö- ja rakennuslain mukaan alueiden käytön suunnittelussa tulee edistää luonnon monimuotoisuuden ja luonnonarvojen säilymistä (MRL 5.2.1999/132, 5§). Alueiden käyttöä suunniteltaessa ja kaupunkirakennetta tiivistettäessä on tärkeä huomioida, että luonnonoloiltaan arvokkaat ja kaupunkirakenteellisesti merkitykselliset kasvillisuusalueet sekä etenkin rehevän kasvupaikan metsät säilyvät.

Uudet rakennettavat alueet tulee mahdollisuuksien mukaan suunnitella olemassa olevan yhdyskuntarakenteen jatkumoksi. Usein kyse on siitä, että löydetään tasapaino tiivistyvän yhdyskuntarakenteen ja kasvillisuusalueiden välille ja pyritään säilyttämään viheryhteydet erilleen pirstoutuvien viheralueiden välillä.

Mikäli maankäyttömuutosta suunniteltaessa on mahdollista valita erilaisten metsäalueiden väliltä, kannattaa hiilivarastojen kannalta valita maankäyttömuutoksen kohteeksi kasvupotentiaaliltaan heikoimmat ja vähätuottoisimmat metsäalueet: niiden hiilivaraston koko on pienempi kuin rehevien kasvupaikkojen metsissä. Asemakaavan luontoselvityksissä saadaan tietoa maaperän ja kasvupaikkojen ominaisuuksista.

Rakentaminen voidaan joissakin tapauksissa ohjata kasvillisuusalueille, jotka eivät kestä vieressä tapahtuvan rakentamisen painetta tai siitä johtuvia muutoksia

pohjavesiolosuhteissa ja pienilmastossa (esim. vanhat kuusikot). Rakentamiskäytöstä poistuvat alueet voidaan asemakaavassa osoittaa myös viheralueiksi ja esimerkiksi metsittää.

Alueiden käyttöä suunniteltaessa huomioidaan, että monet lähiviheralueet ovat osa alueen asukkaiden sosiaalista ympäristöä ja niillä on merkitystä alueen viihtyvyydelle ja arvostukselle sekä ihmisten terveydelle. Alueiden käytön suunnittelussa voidaan käyttää osallistavia menetelmiä, kuten karttapalautepalvelua ja kaavakävelyjä, joilla saadaan alueen asukkailta näkemys esimerkiksi tärkeimpien metsäalueiden säilyttämiseen.

5.4.2 Kulutuksen ohjaaminen käytäväverkostolle tai käyttöä kestäville viheralueille

Hiilinielujen elinvoimaisuuden säilyttämiseksi asemakaavassa tulee kiinnittää huomiota keskistettyihin ulkoilutoimintoihin ja -reitteihin, virkistyskäytön ja kulutuksen ohjaamiseen sekä viheralueiden saavutettavuuteen. Esimerkiksi monet lähiöitä ympäröivät metsät ovat usein kuluneita. Korkea kulutus voi vaurioittaa puustoa niin, että puita kuolee, jolloin metsän biomassan kasvupotentiaali, ja sitä kautta myös kyky sitoa hiiltä laskee.

Kaupunkien ja kuntakeskusten läheisyydessä sijaitsevia metsiä on usein parempi kehittää virkistysalueiksi kuin kaukana asutuksesta sijaitsevia alueita. Mitä heikommin lähiviheralueet tyydyttävät luontoon liittyviä tarpeita, sitä enemmän halutaan käyttää kaupungin ulkopuolisia luontokohteita. Näille kuljetaan usein omilla autoilla, mikä lisää kasvihuonekaasupäästöjä. Metsien käyttäjämääriä voidaan arvioida ja virkistyskäyttöä ohjata niin, että niiden kulumista voidaan ennalta ehkäistä.

Toimenpide	Vaikutus hiilinieluihin	Vaikutuksen merkittävyys
Ohjataan kulutus käytäväverkostolle tai käyttöä kestäville viheralueille	Mitä kuluneemmaksi metsä muuttuu, sitä heikompi on sen kyky sitoa hiiltä.	Pieni positiivinen +/Vaikutus epävarma

5.4.3 Rakentamistapaa ohjaavat määräykset ja merkinnät

Asemakaavan määräyksiin ja merkinnöihin rakentamista ja rakennusten sijoittamista tontilla voidaan ohjata yksityiskohtaisemmin myös hiilitaseen kannalta positiivisella tavalla. Tällaisia määräyksiä ja merkintöjä ovat mm.

- rakennusalan rajat
- kerrosluvut
- rakennusoikeuden määrää ja sijoittumista eri rakennusaloille ohjaavat määräykset
- materiaaleja koskevat määräykset
- istutuksia ja istutettavia alueita koskevat määräykset
- piha-alueen pinnoitteita koskevat määräykset
- autopaikkojen määrää ja pysäköinti- sekä auton säilytyspaikkojen sijaintea koskevat määräykset

Hiilinielujen kannalta alueiden käyttötarkoituksmerkinnällä on erityisen paljon merkitystä, sillä rakennettujen viheralueiden hiilivaraston koko on selkeästi pienempi kuin metsien. Viheralueen puistomerkintä ohjaa suunnittelua rakennetummaksi ympäristöksi kuin VL-merkintä.

Pääosa seuraavassa luvussa 5.5. Rakentamistapaohjeet ehdotetuista toimenpiteistä, esim. viherkatot ja -kannet, säilytettävä pohjaveden pinnan taso tai istutusten määrä, on haluttaessa osoitettavissa kaavassa toteutusta sitovina määräyksinä.

5.5 Rakentamistapaohjeet

Rakentamistapaohjeet tukevat ja täsmentävät asemakaavan ja siihen liittyvien kaavamääräysten sisältöä ja antavat niille lisäarvoa. Rakentamistapaohjeen tarkoitus on tarpeelliseksi arvioiduissa kohteissa antaa toteuttamista ohjaavia konkreettisia ohjeita ja suosituksia. Rakentamistapaohjetta käytetään eri valmiusvaiheissaan päätöksenteon ja kaavojen vaikutustenarviointien työkaluna

Rakentamistapaohjeet ovat kunnan viranomaisten antamia rakentamista ohjaavia ja määräyksiä selventäviä ohjeita siitä, mikä on suositeltava rakentamistapa jollakin alueella. Muitakin kuin ohjeissa esitettyjä ratkaisuja voidaan käyttää, mikäli ne täyttävät maankäyttö- ja rakennuslainsäädännössä asetetut vaatimukset. Rakentamistapaohjeet saavat sitovuutta, jos ne ovat osana kunnan rakennusjärjestystä tai ne kytetään esimerkiksi tontinluovutusehtoihin kuntien myydessä tai vuokrattaessa tontteja.

Rakentamistapaohjeessa voidaan ohjeistaa kasvillisuusalueiden, kansipihojen ja -puutarhojen, viherkattojen toteuttamista myös hiilinielujen säilyttämisen ja lisäämisen näkökulmasta. Ennen viheralueiden tarkempaa toteutussuunnittelua viheralueiden arvot tulee kartoittaa ja tehdä arvio säästettävistä kohteista.

Rakentamistapaohjeen hiilinieluja ja -varastoja lisäävät toimenpiteet on esitetty seuraavassa taulukossa.

Toimenpide	Vaikutus hiilinieluihin	Vaikutuksen merkittävyys
Säilytetään nykyisiä kasvillisuusalueita ja suunnitellaan rakennettuja viheralueita vain niihin alueen osiin, joissa rakennettu ja tehokkaasti hoidettu viheralue on tarpeellinen	Rakennettujen viheralueiden hiilitase on huomattavasti heikompikin luonnontilaisten metsien.	Suuri positiivinen +++
Minimoidaan rakennuskäyttöön otettujen tai päällystettyjen alueiden pinta-ala	Rakennuskäyttöön otettu ja päällystetty (esim. asfaltoitu) alue ei sido hiiltä ilmakehästä, ja sen maaperän hiilivaraston koko pienenee oleellisesti päällystämisen jälkeen.	Suuri positiivinen +++

Toimenpide	Vaikutus hiilinieluihin	Vaikutuksen merkittävyys
Suositaan luonnonmateriaaleja ja läpäiseviä pinnoitteita sekä materiaaleja, joiden hiilijalanjälki on mahdollisimman pieni (esim. kierrätysmateriaalit ja puu soveltuvilla alueiden osilla).	Luonnonmateriaalit, erityisesti puu, toimivat hiilivarastoina. Läpäisevät pinnoitteet mahdollistavat kasvillisuuden karike- ja hiilisyötteen maaperään ja sitä kautta maaperän hiilivaraston ylläpitämisen.	Keskisuuri positiivinen ++
Suositaan metsähumuksen ja kompostimullan käyttöä, hyödynnetään paikan omaa maaperää	Hiilisyötettä lisääminen humuksen ja kompostin muodossa vaikuttaa positiivisesti. Lisäksi lannoitteiden käyttötarve todennäköisesti vähenee, maan vesitalous paranee ja typpihukka vähenee. Maanmuokkauksen vaikutus on kuitenkin epävarma (ristiriitaisia tutkimustuloksia aiheesta).	Pieni positiivinen +/Vaikutus epävarma
Suositaan viherkattoja, -kansia, -seiniä ja – puutarhoja soveltuville pinnoille	(ks. luvut 5.6.2 ja 5.6.3)	Pieni positiivinen +
Suositaan puurakentamista soveltuvien osien	(ks. luku 5.8)	Pieni positiivinen +
Istutetaan katu-, aukio- ja korttelipuita	Puut sitovat ilmakehän hiilidioksidia ja ylläpitävät maaperän hiilivarastoa.	Pieni positiivinen +
Säilytetään pohjaveden pinnan taso	Orgaanisen aineksen hajotus kiihtyy veden pinnan laskun takia ja paikalla olevan kasvillisuuden elinvoimaisuus heikkenee.	Pieni positiivinen +

5.6 Viherrakentaminen

Viherrakentaminen on puistojen, puutarhojen ja pihojen sekä muiden istutettujen viheralueiden rakentamista. Sen tavoitteena on tehdä alueista sekä viihtyisiä, kauniita että toimivia. Viherrakentamisella on olennainen merkitys myös ekologisessa rakentamisessa, sillä viherrakentamisen valinnat koskevat niin säilytettävän ja istutettavan kasvillisuuden määrää ja laatua, luonnon monimuotoisuutta, huulevesiratkaisuja, pintamateriaalien valintaa kuin maaperän säilyttämistä tai rakentamista.

Viherrakentamisella voidaan lisätä alueen hiilinielupotentiaalia ja hiilen varastoja. Asemakaavatasolla viherrakentamista ja hoitoa voidaan ohjata viheralueiden hoitoluokituksella ja rakentamistapaohjeilla. Tonttialueilla viherrakentamisen ohjauskeinoja ovat rakentamistapaohjeet, viheralueiden hoitoluokitus ja viherkertoimen tavoitteenasettelu. Tiiviisti rakennetuilla tonteilla hiilinieluja voidaan edistää mm. viherkatoilla ja -kansilla sekä erilaisilla kaupunkiviljelyn muodoilla.

5.6.1 Viheralueiden hoitoluokat

Viheralueet voidaan jakaa niiden rakentamis- ja hoitoasteen perusteella kolmeen luokkaan: rakennettuihin puistoihin, maisemapeltoihin ja -niittyihin sekä taajamametsiin. Rakennetut puistot sijaitsevat keskellä kaupunkirakennetta, ja niiden käyttäjämäärä on suuri. Muokkausaste riippuu puiston sijainnista ja käyttötarkoituksesta. Yleensä rakennetun puiston kasvillisuus on suurelta osin istutettua, ja pinnat ovat nurmi-, kiviaines- tai kestopäällysteisiä.

Maisemapellot ja -niityt sekä taajamametsät sijoittuvat usein rakennetun ympäristön reuna-alueille, mutta myös kiilamaisina ulokkeina keskellä rakennettua ympäristöä. Taajamametsät sekä maisemapellot ja -niityt voivat olla virkistyskäyttöön tarkoitettuja tai niillä voidaan harjoittaa perustuotantoa. Hiilinielujen säilymisen kannalta nämä ovat tärkeitä viheralueita.

Kaavoitusvaiheessa alustavasti määritelty käyttö ja hoitoluokka asettaa viheralueelle laatutavoitteet. Eri viheralueiden hoitoluokissa on sekä erityyppinen kasvillisuuden määrä¹, että hoidon intensiteetti, jotka vaikuttavat suoraan myös maaperän hiilivaraston kokoon.

Viheralueiden hoitoluokat on esitelty taulukossa 1. Seuraavassa kuvataan hoitoluokittain toimenpiteitä, joilla voidaan lisätä viheralueiden hiilinielupotentiaalia.

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

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

Viheraluehoito-luokka	Alueen hoidon pääpiirteet
A Rakennetut viheralueet	
A1 Edustusviheralue	Tärkeiden julkisten rakennusten pihoja, keskeisiä kaupunkipuistoja, -aukioita tai niiden osia
A2 Käyttöviheralue	Kaupunkipuistoja ja -aukioita, leikkipuistoja, liikenneviheralueita keskusta-alueella, pihoja sekä liikuntaan ja toimintaan tarkoitettuja viheralueita.
A3 Käyttö- ja suojaviheralue	Yleensä laajoja rakennetun ja luonnonympäristön välimaastoon sijoittuvia puistoja, suojavyöhykkeitä tai kiinteistöjen piha-alueiden luonnonmukaisemmin hoidettavia osia, liikuntavihreyttä sekä katuviheralueita ydinkeskustan ulkopuolella.
B Avoimet viheralueet	
B1 Maisemapelto	Muokattuja ja käytettyjä maa-alueita, joilla viljellään maisemakasveja
B2 Käyttöniitty	Avoimia tai puoliavoimia yleensä koko pinta-alaltaan käytettävissä olevia niittyjä
B3 Maisemaniitty ja laidunalue	Maisemaniityt ovat avoimia tai puoliavoimia niittyjä, joissa kulku on ohjattu esimerkiksi poluille. Laidunalueet ovat niittyjä, jotka hoidetaan laiduntamalla.
B4 Avoin alue ja näkymä	Alueita, joita ylläpidetään avoimina näkymien säilyttämiseksi tai esimerkiksi alueella olevan teknisen verkoston ylläpitämiseksi (sähkölinjat)
B5 Arvoniitty	Kulttuuriperinteen, maiseman tai luonnon monimuotoisuuden kannalta merkittäviä niittyjä
C Taajamametsät	
C1 Lähimetsä	Lähellä asutusta sijaitsevia metsiä, joihin kohdistuu runsaasti käyttöä ja kulutusta
C2 Ulkoilu- ja virkistysmetsä	Taajamassa tai sen ulkopuolella olevia laajempia metsäalueita, jotka on tarkoitettu ulkoiluun ja retkeilyyn.
C3 Suojametsä	Asutuksen ja muun rakennetun ympäristön sekä erilaista häiriötä aiheuttavien toimintojen välissä sijaitsevia metsiä.
C4 Talousmetsä	Talousmetsän hoito ja käyttö toteutetaan kestävän metsätalouden periaatteiden mukaisesti
C5 Arvometsä	Erityisen arvokas kohde maiseman, kulttuurin, luonnon monimuotoisuusarvojen tai muiden ominaispiirteiden vuoksi.

A Rakennetut viheralueet

Keinot lisätä rakennettujen viheralueiden hiilivarastoa on esitetty seuraavassa taulukossa.

Toimenpide	Vaikutus hiilinieluihin	Vaikutuksen merkittävyys
Valitaan hoitoluokka, joka mahdollistaa mahdollisimman suuren karikesadannan	Kasvillisuuden ja maaperän hiilivarastojen välillä on positiivinen kytkentä: suurempi kasvillisuus ja karikesadanta mahdollistavat suuremman maaperän hiilivaraston.	Keskisuuri positiivinen ++
Suositaan luonnonmukaisuutta mahdollisimman suuressa osassa alueita	Rakennettujen viheralueiden hiilitase on huomattavasti heikompi kuin luonnontilaisten kasvillisuusalueiden.	Keskisuuri positiivinen ++
Suositaan kookasta ja monikerroksellista kasvillisuutta ja kasvillisuuden suurta yksilömäärää	Lisää paikan hiilinielupotentiaalia	Keskisuuri positiivinen ++
Rakennetaan luonnontilaisenkaltaisia kosteikkoalueita	Kosteikot toimivat tehokkaina hiilinieluina ja tuottavat samalla muita ympäristöhyötyjä	Keskisuuri positiivinen ++
Säilytetään olevaa hyväkuntoista puustoa ja istutetaan mahdollisuuksien mukaan lisää puita	Lisää hiilinielupotentiaalia	Keskisuuri positiivinen ++
Minimoidaan rakennettujen ja päällystettyjen alueiden pinta-alaa	Läpäisevät pinnoitteet mahdollistavat kasvillisuuden karike- ja hiilisyötteen maaperään.	Keskisuuri positiivinen ++
Muutetaan soveltuvissa kohteissa vanha olemassa oleva luonnonnurmikko (A3) metsäalueeksi (C1)	Lisätään kasvillisuuden määrä ja hiilinielupotentiaalia. Kasvillisuuden ja maaperän hiilivarastojen välillä on positiivinen kytkentä: suurempi kasvillisuus ja karikesadanta mahdollistavat suuremman maaperän hiilivaraston.	Keskisuuri positiivinen ++
Vältetään mahdollisuuksien mukaan kasvimateriaalin ja leikkaus/-hakkuutähteiden poistoa alueilta	Säilyttää kasvillisuuden hiilinielun	Pieni positiivinen +
Käytetään poistettavat kanot haketettuna alueen istutusten katemateriaalina	Maahan hajoamaan jätetyt leikkaus- ja hakkuutähteet ylläpitävät maaperän hiilivarastoja	Pieni positiivinen +
Hyödynnetään alueiden vertikaaliset pinnat (muurit, valit, seinät) kasvillisuuden lisäämiseksi	Lisää hiilinielupotentiaalia	Pieni positiivinen +

Toimenpide	Vaikutus hiilinieluihin	Vaikutuksen merkittävyys
Säilytetään maaperän pieneliötoiminta huolehtimalla mm. maan ravinteikkuudesta.	Maaperäeliöstö osallistuu karikkeen muuttamiseen maaperän pitkäaikaisiksi hiilen varastoiksi.	Pieni positiivinen +
Käytetään tervettä ja paikalla olevissa olosuhteissa kestäväää kasvillisuutta, jonka hoitotarve on vähäinen ja kasvinsuojelutoimenpiteitä ei tarvita	Kasvillisuus säilyy todennäköisesti pidempään elinvoimaisena ja tarvitsee vähemmän hoitoa, jolloin kasvillisuuden uusimisesta ja ylimääräisestä hoidosta johtuvat kasvihuonekaasupäästöt vältetään	Pieni positiivinen +
Suunnitellaan alueet maaperälähtöisesti sitten, että tarvitaan mahdollisimman vähän maa-ainesten vaihtoa.	Maanmuokkauksen vaikutusta maaperähiilen hajoamiseen on tutkittu, mutta vaikutus on edelleen epävarma (ristiriitaisia tutkimustuloksia aiheesta).	Vaikutus epävarma

B Avoimet viheralueet

Keinot lisätä peltojen, niittyjen ja muiden avointen viheralueiden hiilivarastoa on esitetty seuraavassa taulukossa.

Toimenpide	Vaikutus hiilinieluihin	Vaikutuksen merkittävyys
Metsitetään viljelystä poistetut pellot	Alueen hiilitaseen näkökulmasta viljelystä poistetut pellot tulisi metsittää silloin, kun hoitotavoitteena on hiilivaraston kasvattaminen. Peltojen metsittäminen hidastaa monissa tapauksissa ilmaston lämpenemistä, sillä uusien puiden kasvu sitoo hiilidioksidia ilmakehästä. Kun peltoon istutetaan puita, peltomaan heijastuvuus (albedo) kuitenkin vähenee, sillä varsinkin havupuiden tummat neulaset imevät tehokkaasti auringonsäteilyä, mikä lämmittää alailmakehää. Heijastavuuden muutosta voidaan pienentää suosi-malla havupuiden joukossa lehtipuita tai istuttamalla puusto saarekkeiksi. Myös käyttämättömät soranottoalueet sopivat hyvin metsittämisen ja hiilinielujen kasvattamisen kohteiksi.	Keskisuuri positiivinen ++
Viljellään peltoalueilla monivuotisia pelto-kasveja yksivuotisten kasvien sijaan	Mitä pidempi elinaika kasvilla on, sitä enemmän se ehtii sitoa hiilidioksidia ilmakehästä. Monivuotisten kasvien maanpäälliset ja -alaiset osat ovat yleensä myös kooltaan suurempia kuin yksivuotisten. Kasvipeitteisyys ylläpitää maaperän hiilivarastoa.	Pieni positiivinen +
Perustetaan uusi kasvusto suorakylvönä	Kasvipeitteisyys ylläpitää maaperän hiilivarastoa.	Pieni positiivinen +

C Taajamametsät

Taajamametsien hiilivaraston kokoon sekä hiilen sidontaan ja vapautumiseen vaikuttavat mm. puuston, lahopuun ja maaperään sitoutuneen orgaanisen aineksen määrä ja laatu. Hiilivaraston kokoon ja hiilitaseeseen voidaan vaikuttaa mm. metsien määrää muuttamalla sekä hakkuiden ja metsänhoidollisten toimenpiteiden valinnalla ja ajoituksella.

Mitä rehevämmästä kasvupaikasta on kyse, sitä suurempi kasvupotentiaali ja edelleen hiilensidontakyky metsällä on. Taajamametsät poikkeavat jossain määrin talousmetsistä, sillä niissä on keskimäärin suurempi ja iäkkäämpi puusto, enemmän puulajeja, suurempi koko- ja ikäjakauma ja enemmän lahopuuta. Näin ollen myös hiilivarasto on taajamametsissä keskimäärin suurempi kuin talousmetsissä, mutta hiilensidontakyky todennäköisesti keskimäärin pienempi.

Metsänkäsittely vaikuttaa hiilitaseeseen. Metsän hakkuu muuttaa metsän hiilitasetta. Päätehakkuun ja maanmuokkauksen jälkeen metsä muuttuu hetkeksi hiilenlähteeksi, koska puiden poisto ja maanmuokkaus kiihdyttävät myös metsämaan orgaanisen aineksen hajoamista. Uusien puiden kasvaessa metsämaan hiilivarasto muuttuu jälleen positiiviseksi. Metsän hiilitasemuutoksen taustalla voi olla myös laajamittainen metsäpalo tai hyönteistuhot.

Mikäli metsä jätetään luonnontilaan, sen hiilivarasto kasvaa suuremmaksi kuin hakkuin käsitellyssä metsässä puihin, lahoaviin puihin ja maaperään sitoutuneen hiilen ansiosta. Luonnontilaisessa metsässä puiden kasvu ja niiden hiilen sidonta kuitenkin hidastuvat ajan myötä. Tärkeää on huomata, että hiilitaseen laskennassa valittu aikajänne vaikuttaa voimakkaasti tulokseen.

Kaavoituksen puitteissa kaupunki/kunta voi omalta osaltaan huolehtia paikallisten metsien säilymisestä ja lisäämisestä. Metsien hiilinielujen kartoittaminen sekä kehityksen seuranta tulisivatkin olla osa kuntien kestävää ja suunnitelmallista metsänhoitoa.

Toimenpide	Vaikutus hiilinieluihin	Vaikutuksen merkittävyys
Estetään laajat metsätuhot	Laajojen metsätuhojen jälkeen metsä muuttuu hetkeksi hiilenlähteeksi mikäli alue metsitetään uudelleen. Mikäli tuhon jälkeen myös alueen käyttömuoto muuttuu, menetetään hiilivarastot pysyvästi.	Suuri positiivinen +++
Ylläpidetään metsien monimuotoisuus ja puuston kasvu	Nuorissa käsitellyissä metsissä hiilen sidonta on kaikkein suurinta nopean kasvun ja suuren kariketuotannon ansiosta. Jos metsiä käsitellään harvennuksin ja päätehakkuin, männynllä kiertoajan pidentäminen ja kuusella taas kiertoajan lyhentäminen on todettu lisäävän hiilen sidontaa kun huomioidaan myös puutuoteketjut. Metsien kasvua ja sitä myötä hiilen sidontaa voidaan lisätä myös lannoituksella.	Keskisuuri positiivinen ++

Toimenpide	Vaikutus hiilinieluihin	Vaikutuksen merkittävyys
Jätetään lahoppuuta muodostumaan	Lahoppuut ovat hiilivarastoja.	Pieni positiivinen +
Lisätään lehtipuiden määrä	Lehtipuun määrää lisäämällä voidaan lisätä heijastusvaikutusta, jolla voi olla ilmastomuutosta hidastava vaikutus. Vaikutus on osin epävarma.	Pieni positiivinen +
Suositaan metsien erikäsikasvatusta	Päätehakkuista ja maanmuokkausta välttämällä voidaan estää metsän toimimista hiilenlähteenä, joten erikäsikasvatus voi periaatteessa sopia hiilinieluvaihtelun näkökulmasta taajamametsiin. Tällöin tosin menetetään nuoren puuston nopean kasvun ja hiilensidonnain vaihe.	Vaikutus epävarma

Taajamametsissä keinot hiilitaseen parantamiseksi metsänkäsittelyn avulla ovat jossain määrin rajallisempia kuin muissa metsissä, koska taajamametsillä on paljon merkitystä ihmisten hyvinvoinnille: ne tarjoavat mm. ulkoilu- ja virkistysmahdollisuuksia, suojaa melulta ja tuulelta ja antavat maiseman katselusta nautintoa lähi- ja kaukomaisemassa. Taajamametsillä on myös merkityksensä mm. luonnon monimuotoisuuden säilyttämisessä ja hulevesien hallinnassa. Lisäksi taajamametsiin liittyy usein kulttuurihistoriallisia arvoja. Kaiken tämän ohella kaupungeille/kunnille taajamametsistä saatavat puunmyyntitulot ovat usein tärkeitä kunnan taloudelle.

5.6.2 Viherkatot

Viherkattojen hiilinieluvaihtelusta on tähän mennessä tutkittu vähän. Esimerkiksi Getter ym. (2009) ovat kuitenkin osoittaneet, että viherkatot ovat potentiaalisia hiilinieluita. Kasvualustalla ja kasvilajeilla on suuri merkitys viherkaton hiilensitomiskykyyn. Getter ym. (2009) mukaan ensimmäisten yhdeksän vuoden aikana kuuden senttimetrin paksuisella kasvualustalla varustettu maksaruohokatto sitoo itseensä kasvihuonekaasupäästöjä määrän, joka on tarvittu viherkaton valmistusprosessiin. Tämän jälkeen viherkaton hiilitase muuttuu positiiviseksi eli se sitoo elinkaarensa aikana enemmän hiiltä kuin sen tuottamisessa on vapautunut. Vuosien määrä, ennen kuin viherkaton hiilitase muuttuu positiiviseksi, on riippuvainen viherkaton rakenteista sekä katolla kasvavista kasveista.

Asemakaavassa ja rakentamistapaohjeessa viherkattoja voidaan määrätä etenkin mataliin rakennusosiin. Viherkattoja voidaan toteuttaa uudisrakennuksien lisäksi myös nykyisiin rakennuksiin esimerkiksi peruskorjausten yhteydessä.

Hiilen sidonnain ohella viherkatot ovat tehokkaasti rakennetuilla alueilla eräs keino vähentää hulevesien määrää, lievittää kaupunkien lämpösaareilmiötä ja tarjota kaupunkiluonnolle tärkeitä elinympäristöjä.

5.6.3 Kansipihat ja –puutarhat

Kansipihojen ja puutarhojen rakentaminen tarjoaa mahdollisuuden lisätä alueen hiilinieluja. Kansipihoilla menestyvät myös puut, kunhan niille varataan riittävät kasvualustat. Piholla ja puutarhoissa kannattaa suosia kookasta ja monikerroksellista kasvillisuutta.

Kannelle sijoitettavat istutusalueet on hyvä toteuttaa mahdollisimman yhtenäisinä ja laajoina kosteustasopainon turvaamiseksi ja kastelutarpeen minimoimiseksi. Kansipihoilla voidaan mahdollistaa myös kaupunkiviljely.

5.7 Rakentamisen aikainen toiminta

Rakentamisen aikana otetaan huomioon kasvillisuuden ja maaperän suojaaminen ja maanmuokkaustavat. Rakentamisen aikaiset toimenpiteet hiilinielujen turvaamiseksi on esitetty seuraavassa taulukossa.

Toimenpide	Vaikutus hiilinieluihin	Vaikutuksen merkittävyys
Ei vaurioiteta olevaa hyväkuntoista puustoa ja sen juuristoaluetta.	Työmaa-aikaiset järjestelyt tulee suunnitella huolellisesti etukäteen puu- ja juuristovaurioiden ehkäisemiseksi. Vaurioituneet puut voivat kuolla tai niiden hiilensidontakyky heikentyä.	Pieni positiivinen +
Aidataan säilytettävät puut, kasviryhmät ja luonto-alueet	Säilytettävät puut, kasviryhmät ja luontoalueet tulee aidata, jotta puiden runkovauriot ja maakerrosten tiivistyminen estetään. Vaurioituneet puut voivat kuolla tai niiden hiilensidontakyky heikentyä. Rikkoontuneen pintakasvillisuuden ja pohjakerroksen kautta metsämaaperästä vapautuu maaperän hiilivarastoja sekä maaperän hiilinielumekanismit häiriintyvät. Kasvillisuuden suojaamisesta tarkempia ohjeita on esitetty InfraRyl- ja VRT-julkaisuissa.	Pieni positiivinen +
Käytetään pintamaan kuorintatekniikoita, joissa maaperän kerroksellisuus, rakenne ja pieneliötoiminta säilyvät, eivätkö kerrokset sekoitu keskenään	Tekniikka auttaa säilyttämään maaperän hiilivarantoja, jos maanpäällinen kasvillisuus säilyy muuttumattomana. Jos kasvillisuus poistetaan, tekniikalla ei ole pidemmällä aikavälillä merkittävää vaikutusta.	Pieni positiivinen +

Myös rakentamisen aikataululla ja maa-ainesten hyötykäytön suunnittelulla voidaan välillisesti vaikuttaa hiilinieluihin ja maankäytön kasvihuonekaasupäästöihin seuraavin tavoin:

Toimenpide	Vaikutus hiilinieluihin	Vaikutuksen merkittävyys
Metsitetään käytöstä poisjääneitä alueita mahdollisuuksien mukaan	Uusi kasvillisuus toimii hiilinieluna ja myöhemmin hiilivarastona.	Suuri positiivinen +++
Hyödynnetään maa-aineksia rakentamiskohteissa ilman välivarastointia. Hyödynnetään lähellä olevien työmaiden ylijäämämaiden rakentamiskohteissa. Tarvittaessa suunnitellaan maa-ainesten välivarastointi tai hyödyntäminen muussa läheisessä rakentamiskohteessa	Maa-ainesten hyötykäytöllä vähennetään uusien maa- ja kiivainesten käyttöönottoa toisaalla. Lisäksi vähennetään maa-ainesten siirrosta ja kuljetuksista aiheutuvia hiilidioksidipäästöjä. Maa-ainesten kuljettaminen liikaa myös katuja, joiden puhdistamisesta aiheutuu edelleen hiilidioksidipäästöjä.	Keskisuuri positiivinen ++
Suositaan maa-ainesten käsittelyssä luonnonmukaisia menetelmiä	Säilytetään maaperän toiminnot (mikrobi- ja pieneliötoiminta) ja maa-ainesten laatu. Vältetään tukirakenteiden tarvetta (esim. löysän saven rakenne kiinteytyy tuulen, pakkasen ja auringon vaikutuksesta).	Keskisuuri positiivinen ++
Vältetään kasvualustan vaihtoa	Hiilitaseen kannalta on tärkeää, että kasvillisuus on elinvoimaista monikerroksellista ja kasvivalinnat on tehty maaperälähtöisesti ilman kasvualustan vaihtoa. Kasvivalinnoilla vaikutetaan merkittävästi myös hoitotyön laatuun ja määrään.	Keskisuuri positiivinen ++

5.7.1 Viheralueiden ylläpito

Viheralueiden ylläpidossa voidaan tehdä valintoja, joilla lisätään hiilinieluja ja vähennetään kasvihuonekaasupäästöjä. Viheralueiden lisääminen pelkästään ilmastomuutoksellisista syistä ei useinkaan kannata, jos alueiden hoito tuottaa enemmän päästöjä kuin kasvillisuuteen sitoutuu hiiltä. Keinotekoisen maisemoinnin välttäminen ja luonnonmukaisuuden suosiminen voivat tuoda viheralueiden ylläpitäjälle myös selviä kustannussäästöjä. Ylläpitoa koskeviin valintoihin olisi hyvä kiinnittää huomiota jo hanke-/toteutussuunnitteluvaiheessa.

Viheralueiden ylläpidon keinot lisätä hiilinieluja ja vähentää kasvihuonekaasupäästöjä on esitetty seuraavassa taulukossa.

Toimenpide	Vaikutus hiilinieluihin	Vaikutuksen merkittävyys
Vältetään koneellista hoitoa vaativaa kasvillisuutta esim. nurmikon leikkaus, suositaan sen sijaan ketoja ja niittyjä	Ketojen ja niittyjen hiilinielut ovat suuremmat kuin hoidettujen nurmien.	Keskisuuri positiivinen ++
Vältetään kantojen nostoa	Kannot ovat pitkäaikaisia hiilivarastoja ja ylläpitävät maaperän hiilivarastoja. Kantojen nosto ja maaperän voimakas muokkaaminen vapauttaa maaperän hiilivarastoja ilmakehään.	Keskisuuri positiivinen ++
Suositaan kasvupaikalla kestäviä ja elinvoimaisia lajeja	Mitä pidempi elinaika kasvilla on, sitä enemmän se ehtii sitoa hiilidioksidia ilmakehästä. Elinvoimainen kasvi sitoo hiiltä tehokkaammin kuin heikkokuntoinen.	Pieni positiivinen +
Käytetään nurmikossa lajikkeita, joiden leikkaustarve on vähäinen	Ilmakehästä nurmeen sitoutunut hiili varastoituu nurmeen pidemmän aikaa	Pieni positiivinen +
Sovitetaan viheralueiden hoitoa alueen ekologisten olosuhteiden mukaiseksi	Kasvillisuus säilyy todennäköisesti pidempään elinvoimaisena ja tarvitsee vähemmän hoitoa, jolloin kasvillisuuden uusimisesta ja ylimääräisestä hoidosta johtuvat kasvihuonekaasupäästöt vältetään	Pieni positiivinen +
Vähennetään ja ajoitetaan niittokertoja	Lisää hiilinielua. Lisäksi toimenpide lisää alkuperäisen lajiston monimuotoisuutta sekä säästää hoitokustannuksissa.	Pieni positiivinen +
Jätetään leikkaus- ja hakkuutähteet alueelle/haketetaan paikan päällä	Maahan hajoamaan jätetyt tähteet ylläpitävät maaperän hiilivarastoja	Pieni positiivinen +
Jätetään lahoppuuta metsiin sille soveltuviin kohtiin	Lahoppuut ovat hiilivarastoja ja ylläpitävät luonnon monimuotoisuutta, joka puolestaan on elintärkeä osa elinvoimasta, hiiltä runsaasti sitovaa metsää	Pieni positiivinen +

Toimenpide	Vaikutus hiilinieluihin	Vaikutuksen merkittävyys
Suoritetaan työt niin ettei maasto vaurioidu	Kasvillisuuden vaurioituminen vähentää paitsi hiilen sitoutumista kasvillisuuteen, myös orgaanisen hiilen siirtymistä kasvillisuudesta maaperään.	Pieni positiivinen +
Tuodaan esimerkiksi ennallistettaville moreenimaille ravinteikkaita ylijäämämaita	Moreenimailla on mahdollista ekosysteemin hiilinielua parantamalla maaperän ravinteikkuutta ja lisäämällä kasvupaikan rehevyyttä	Pieni positiivinen +
Käytetään laidunnusta sille soveltuvissa kohteissa	Laidunnus kuluttaa vähemmän maaperää ja jättää kenttäkerroksen kasvillisuutta suojaamaan maaperän hiilivarastoja	Pieni positiivinen +

5.8 Puurakentaminen

5.8.1 Rakennuksen hiilijalanjälki

Rakennetun ympäristön energiatehokkuudella on ratkaiseva rooli ilmastonmuutoksen hillinnässä: rakennukset ja rakentaminen vastaavat noin 40 prosentista kaikesta energiankulutuksesta ja päästöistä. Uuden energiatehokkuusdirektiivin mukaan vuonna 2020 kaikkien uudisrakennusten tulee olla EU:ssa lähes nolla-energiatasoa. Julkisen rakentamisen toivotaan näyttävän hyvää esimerkkiä, joten kunnan omien kiinteistöjen tulisi olla kehityksen kärjessä.

Ilmastonmuutoksen hillintään tähtäävässä talorakentamisessa verrataan usein keskenään puu- ja betonirakennusten hiilijalanjälkeä. Termillä hiilijalanjälki viitataan rakennuksen koko elinkaaren aikaisiin kasvihuonekaasupäästöihin.

Seuraavassa laatikossa on esitetty puu- ja betonirakennuksen (rakennustilavuus 28 634 m³, kerrosala 8 856 k-m²) päärakenteiden hiilijalanjälki perustuen Suomen Ympäristökeskuksen Synergia-hiilijalanjälkilaskuriin (Puukka 2012). Laskenta perustuu juuri rakentamisen energiatehokkuusmääräykset täyttäviin kerrostaloihin. Luvuissa on huomioitu rakenteiden, rakentamisen ja rakenteiden uusimisesta johtuva hiilijalanjälki. Luvuissa ei ole huomioitu käytönaikaista hiilijalanjälkeä, joka aiheutuu rakennusten energiankäytöstä.

Rakennusten hiilijalanjälki (CO ₂ kg/k-m ²) (sis. rakenteet, rakentaminen, rakenteiden uusiminen)		
	Puu	Betoni
50 vuoden tarkastelujakso	81	183

Viidenkymmenen vuoden tarkastelujaksolla erot puu- ja betonirakennusten hiilijalanjäljessä tasaantuvat, mikäli huomioidaan myös rakennuksen käytönaikaiset päästöt sähkön- ja lämmönkulutuksesta (Puukka 2012). Adalberthin (2000) tutkimuksen mukaan laskennallinen ero on alle prosentin.

Seuraavassa laatikossa on esitetty rakennusten hiilijalanjälki, kun käytönaikaiset päästöt on huomioitu (Puukka 2012). Käyttöenergiaprofiilit ovat käytön huomioivissa luvuissa identtiset ja laskenta perustuu juuri rakentamisen energiatehokkuusmääräykset täyttäviin kerrostaloihin. Lämmönlähteenä toimivan kaukolämmön osalta on käytetty keskimääräisiä päästökertoimia kuten myös sähkön osalta (kaukolämpö 220 kg CO₂/MWh, sähkö 200 kg CO₂/MWh).

Rakennusten hiilijalanjälki (CO₂ kg/k-m²) (sis. rakenteet, rakentaminen, rakenteiden uusiminen ja käyttö)		
	Puu	Betoni
50 vuoden tarkastelujakso	1 400	1 503

5.8.2 Rakennusmateriaalien hiilivarasto

Hiilivarastolla tarkoitetaan rakennusmateriaaleihin sitoutunutta ei-fossiilista hiiltä, joka muuttuu hiilidioksidiksi ja vapautuu ilmakehään, kun kyseinen materiaali hävitetään esimerkiksi polttamalla.

Rakennusmateriaalien hiilivarastoa ei huomioida rakennuksen hiilijalanjäljen laskennassa. Hiilivarastoa ei saa siis vähentää rakennuksen elinkaari päästöistä eikä käytettävissä rakennusmateriaalien päästötiedoissa saa olla vähennetty hiilivarastoa.

Puutuotteet toimivat hiilivarastoina puuston ja maaperän tapaan. Puusta valmistettujen tuotteiden hiilivarasto on noin seitsemän prosenttia prosenttia metsien hiilivarastoihin verrattuna ja kolme prosenttia Suomen vuosittaisiin hiilidioksidipäästöihin verrattuna (METLA 2010). Noin puolet puutuotteiden massasta on hiiltä. Hiili vapautuu, kun puutuote käytetään energian tuotannossa tai lahoaa.

Puutuotteiden varasto kasvaa ja toimii hiilinieluna, koska tuotteita valmistetaan enemmän kuin niitä poistuu käytöstä. Suomalaisten puutuotteiden hiilivarasto on kasvanut vuosittain noin 0,7 miljoonalla tonnilla viimeisen kymmenen vuoden aikana (METLA 2010).

Hiilen sitominen puutuotteisiin poikkeaa hiilen sitomisesta puustoon ja maaperään siinä, että puutuotteiden valmistaminen aiheuttaa fossiilisen hiilen päästöjä. Puutuotteilla on kuitenkin sitä suurempi positiivinen vaikutus kasvihuonekaasutaseeseen, mitä enemmän niitä käytetään korvaamaan haitallisempien tuotteiden (esim. betoni) käyttöä.

Seuraavassa laatikossa on esitetty puu- ja betonirakenteiseen kortteliin varastoituneen biogeenisen (ei-fossiilinen) hiilen määrä (kg CO₂-e / k-m²) (Puukka 2012). Betonirakenteisen osalta ainoa biogeeninen hiili on puiset ikkunapuitteet.

Rakennusmateriaalien hiilivarasto (biogeeninen hiili) (kg CO₂-e/k-m²)		
Rakennusmateriaali	Puu	Betoni
	82	1

Rakennusten energiatehokkuusvaatimusten kiristyessä ja käytönaikaisen energiankulutuksen pienentyessä rakennuksen elinkaaren muiden vaiheiden, kuten valmistuksen ja rakennusmateriaalivalintojen merkitys korostuu. Tulevissa rakennusmääräyksissä tullaankin ottamaan huomioon myös rakennusmateriaalien ympäristövaikutukset.

Luvuissa 5.8.3-5.8.5 kuvataan kaavoituksen, rakentamisen ohjauksen ja julkisten hankintojen keinot edistää puurakentamista.

5.8.3 Kaavoitus ja tontinluovutus

Kaavoitus on ensimmäinen vaihe, jolla luodaan edellytykset puurakentamiselle alueella. Kaavoituksen ja tontinluovutuksen keinot tukea puurakentamista ovat:

- Kirjataan kaavaan määräys käyttää mahdollisimman vähän hiilidioksidipäästöjä aiheuttavia rakennustuotteita.
- Suositetaan tontinluovutuksessa ekologistia rakentajia. Kunnan omien tonttien valintamenettelyssä voidaan pisteyttää korkeammalle ne hakemukset, jotka tähtäävät pienimpään hiilijalanjälkeen ja suurimpaan hiilivarastoon.

Edellytetään alueen rakennusten hiilijalanjäljen arviointia yhdessä alueen liikennejärjestelyjen hiilijalanjäljen rinnalla.

Rakennuksen elinkaaren aikaisten hiilidioksidipäästöjen laskemiseksi on käytössä useita eri menetelmiä. Edellä mainituissa menettelyissä, joissa edellytetään hiilidioksidipäästöjen laskentaa, on tärkeä ohjeistaa päästöjen laskentapa, jotta eri vaihtoehdot ovat vertailukelpoisia keskenään. Tuoreessa Rakentamisen elinkaarimittarit -julkaisussa (FiGBC 2013) esiteltävä Elinkaaren hiilijalanjälki -mittari tarjoaa yhden harmonisoidun tavan laskentaan.

5.8.4 Rakentamisen ohjaus

Rakentamisen ohjauksella voidaan vaikuttaa mm. rakennuslupamenettelyihin. Tärkeimpiä rakentamisen ohjauksen instrumentteja ovat Suomen rakentamismääräyskokoelma sekä kuntien omat rakennusjärjestykset ja rakentamistapaohjeet. Rakentamisen ohjauksen keinot tukea puurakentamista ovat:

- Edellyttää uudisrakennuksen rakennusmateriaalien hiilijalanjäljen arviointia lupavaiheessa. Velvoite voidaan ottaa ensin käyttöön julkisessa rakentamisessa, sitten asuinrakentamisessa ja lopuksi korjausrakentamisessa.
- Arvioida julkisessa uudis- ja korjausrakentamisessa energiatehokkuuden takaisinmaksuaika. Yhtälöön otetaan mukaan rakennusmateriaalien hiilijalanjälki suhteessa säästettävään energiaan esimerkiksi 50 vuoden tarkastelujaksolla.
- Edellyttää kaikissa energiasaneerauskohteissa eristemateriaalien hiilijalanjäljen arviointia suhteessa niillä saavutettuun energiansäästöön esimerkiksi 50 vuoden tarkastelujaksolla.
- Ottaa käyttöön korjausrakentamisessa uuden talotekniikan rakentamisen ja käytön hiilijalanjäljen arviointi suhteessa sillä säästettävään energiaan.
- Sallia rakennusoikeuden ylitys esimerkiksi rakennuksen alhaisen hiilijalanjäljen perusteella.

- Laatia kunnan oma ympäristömyönteinen rakennustapaohje, jolla kunnat voivat edellyttää rakentajia huomioimaan ympäristönäkökohdat rakennushankkeessa. Ohjeeseen voi esim. sisällyttää vaatimuksen rakennusmateriaalien / rakennuksen hiilijalanjäljen laskemisesta.
- Vaatia uudisrakennuskohteille purkusuunnitelmaa jo suunnitteluvaiheessa. Purkusuunnitelmassa selostetaan, miten rakennus voidaan purkaa mahdollisimman ympäristöystävällisesti esittämällä toteutusehdotuksia sekä eri rakennusosien/-materiaalien jatkokäyttöä (kierrätys, hyötykäyttö, loppusijoitus ym.).

Rakennusvalvontaviranomainen valvoo ja neuvoa hyvän rakentamistavan toteutumista. Viranomainen voi priorisoida rakennuslupahakemusten käsittelyä esimerkiksi rakennuksesta tehdyn hiilijalanjälkilaskelman perusteella.

5.8.5 Rakennussektorin hankinnat

Julkisten hankintojen ympäristökriteerit ovat yksi tärkeimmistä keinoista edistää vähäpäästöistä rakentamista. Julkisten hankintojen osuus bruttokansantuotteesta Euroopan unionissa ja Suomessa on keskimäärin 15 prosenttia. Valtioneuvoston periaatepäätöksen (8.4.2009) mukaan julkisen sektorin on tunnettava hankintojensa ympäristövaikutukset ja toimittava esimerkkinä kestäville hankinnoille. Julkisen sektorin tulee pienentää hankintojensa ilmastovaikutusta, jätemäärää ja ympäristön kemikalisoitumista sekä edistää luonnonvarojen kestävää käyttöä ja ympäristömyötäisiä innovaatioita (VN 2009).

Vähäpäästöistä rakentamista voidaan edistää julkisissa hankinnoissa suosimalla sellaisia rakennusmateriaaleja ja tuotteita,

- joista on olemassa ympäristöseloste
- joiden valmistuksen kasvihuonekaasupäästöt ja kokonaisenergia suhteessa tuotteen käyttöikään ja hankintahintaan ovat parhaimmat
- jotka ovat helposti korjattavia
- jotka voidaan hyödyntää uudelleen käytön jälkeen (kierrätysmateriaalina tai energianlähteenä) tai
- hävittää turvallisesti.

Rakennusmateriaalien ympäristöselosteiden selvittäminen voidaan antaa joko suunnittelijan, urakoitsijan tai rakennuttajakonsultin tehtäväksi.

6 Lähteet

Adalberth K. (2000). Energy use and environmental impact of new residential buildings. Ph.D. dissertation, Department of Building Physics, Lund University, Lund, Sweden.

Cole RJ, Kernan PC. (1996). Life-cycle energy use in office buildings. *Building and Environment* 1996;31(4):307–17.

FiGBC (2013). Rakennusten Elinkaarimittarit (2013). Green Building Council Finland. Helsinki. 8..2.2014:http://figbcfi.virtualserver26.hosting.fi/wp-content/uploads/2013/01/Rakennusten_elinkaarimittarit_2013.pdf

Getter, K.L.; Rowe, B. ; Robertson, P.; Cregg, B. & Andresen, J. (2009). Carbon sequestration potential of extensive green roofs. *Environmental Science & Technology* / Vol. 43, No 19.

Metla (2010). Puutuotteiden hiilinielu on merkittävä, Jussi Uusivuori ja Jani Laturi 29.1.2010: http://www.metsavastaa.net/im_puutuotteet

Puukka, T. (2012). Kerrostalon energia- ja materiaalitehokkuus, LCA-, LCC- ja Energialaskenta. Opinnäytetyö. Tampere. Tampereen ammattikorkeakoulu, Rakennustekniikan koulutusohjelma, Talonrakennustekniikka. 107 s.

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

Siik, S.K. (2006). Esteettömyys kaavoituksessa, Diplomityö, TTY, Arkkitehtuurin osasto, 3.5.2006
http://www.kirsikkasiik.net/esteettomyys/KirsikkaSiik_D_Esteettomyys_web.pdf

LIITE 1. Hiilinielut maankäytön suunnittelussa - kaavoittajan ja suunnittelijan tarkistuslista

YLEISKAAVA

Toimenpide	Vaikutus hiilinieluihin	Vaikutuksen merkittävyys
Sijoitetaan rakentaminen mahdollisuuksien mukaan rakentamiskäytössä oleville tai käytöstä poistetuille alueille tai ennestään vähäpuustoisille ja vähätuotteisille alueille.	Rakentamisen sijoittaminen ennestään käytössä oleville tai käytöstä poistetuille alueille säästää luonnontilaisia alueita rakentamiselta ja tiivistää yhdyskuntarakennetta. Brown field -alueiden uudelleenkäyttö tarjoaa viherrakentamiselle mahdollisuuksia lisätä alueelle kasvillisuutta ja hiilivarastoja.	Suuri positiivinen +++
Sijoitetaan rakentaminen olemassa olevan yhdyskuntarakenteen jatkumoksi tai sitä täydentämään.	Tiiviissä ja eheässä yhdyskuntarakenteessa rakennettu maa saadaan tehokkaimmin hyödynnettyä ja tarve muuttaa kasvillisuusalueita rakennusmaiksi pienenee.	Suuri positiivinen +++
Säilytetään hiiltä sitovat kasvillisuusalueet, (erityisesti metsät) ja viheryhteydet mahdollisimman laajoina. Välillisesti myös alueiden yhtenäisyydellä voi olla merkitystä, mikäli sen kautta toteutuu suurempi kokonaispinta-ala.	Alueen hiilitaseen kannalta oleellista on olemassa olevien kasvillisuusalueiden säilyttäminen järjestyksessä: luonnontilaiset suot, metsät (erityisesti rehevät kasvupaikat), viljellyt pellot, rakennetut viheralueet (puistot).	Suuri positiivinen +++

ASEMAKAAVA

Edellä yleiskaavatasolla kuvattujen toimenpiteiden lisäksi:

Kulutuksen ohjaaminen käytäväverkostolle tai käyttöä kestäville viheralueille

Toimenpide	Vaikutus hiilinieluihin	Vaikutuksen merkittävyys
Ohjataan kulutus käytäväverkostolle tai käyttöä kestäville viheralueille	Mitä kuluneemmaksi metsä muuttuu, sitä heikompi on sen kyky sitoa hiiltä.	Pieni positiivinen +/Vaikutus epävarma

RAKENTAMISTAPAOHJEET

Toimenpide	Vaikutus hiilinieluihin	Vaikutuksen merkittävyys
Säilytetään nykyisiä kasvillisuusalueita ja suunnitellaan rakennettuja viheralueita vain niihin alueen osiin, joissa rakennettu ja tehokkaasti hoidettu viheralue on tarpeellinen	Rakennettujen viheralueiden hiilitase on huomattavasti heikempi kuin luonnontilaisen metsien.	Suuri positiivinen +++
Minimoidaan rakennuskäyttöön otettujen tai päällystettyjen alueiden pinta-ala	Rakennuskäyttöön otettu ja päällystetty (esim. asfaltoitu) alue ei sido hiiltä ilmakehästä, ja sen maaperän hiilivaraston koko pienenee oleellisesti päällystämisen jälkeen.	Suuri positiivinen +++
Suositaan luonnonmateriaaleja ja läpäiseviä pinnoitteita sekä materiaaleja, joiden hiilijalanjälki on mahdollisimman pieni (esim. kierrätysmateriaalit ja puu soveltuvilla alueiden osilla).	Luonnonmateriaalit, erityisesti puu, toimivat hiilivarastoina. Läpäisevät pinnoitteet mahdollistavat kasvillisuuden karikke- ja hiilisyötteen maaperään ja sitä kautta maaperän hiilivaraston ylläpitämisen.	Keskisuuri positiivinen ++
Suositaan metsähumuksen ja kompostimullan käyttöä, hyödynnetään paikan omaa maaperää	Hiilisyötteen lisääminen humuksen ja kompostin muodossa vaikuttaa positiivisesti. Lannoitteiden käyttötarve todennäköisesti vähenee, maan vesitalous paranee ja typpihukka vähenee. Maanmuokkauksen vaikutus on kuitenkin epävarma (ristiriitaisia tutkimustuloksia aiheesta).	Pieni positiivinen +/Vaikutus epävarma
Suositaan viherkattoja, -kansia, -seiniä ja –puutarhoja soveltuville pinnoille	Lisää paikan hiilinielupotentiaalia.	Pieni positiivinen +
Suositaan puurakentamista soveltuvien osien	Puutuotteet toimivat hiilivarastoina puuston ja maaperän tapaan. Hiilen sitominen puutuotteisiin poikkeaa hiilen sitomisesta puustoon ja maaperään siinä, että puutuotteiden valmistaminen aiheuttaa fossiilisen hiilen päästöjä. Puutuotteilla on kuitenkin sitä suurempi positiivinen vaikutus kasvihuonekaasutaseeseen, mitä enemmän niitä käytetään korvaamaan haitallisempien tuotteiden (esim. betoni) käyttöä.	Pieni positiivinen +
Istutetaan katu-, aukio- ja korttelipuita	Puut sitovat ilmakehän hiilidioksidia ja ylläpitävät maaperän hiilivarastoa.	Pieni positiivinen +
Säilytetään pohjaveden pinnan taso	Orgaanisen aineksen hajotus kiihtyy veden pinnan laskun takia ja paikalla olevan kasvillisuuden elinvoimaisuus heikkenee.	Pieni positiivinen +

VIHERRAKENTAMINEN

A Rakennetut viheralueet

Toimenpide	Vaikutus hiilinieluihin	Vaikutuksen merkittävyys
Valitaan hoitoluokka, joka mahdollistaa mahdollisimman suuren kariesadannan	Kasvillisuuden ja maaperän hiilivarastojen välillä on positiivinen kytkentä: suurempi kasvillisuus ja kariesadanta mahdollistavat suuremman maaperän hiilivaraston.	Keskisuuri positiivinen ++
Suositaan luonnonmukaisuutta mahdollisimman suuressa osassa alueita	Rakennettujen viheralueiden hiilitase on huomattavasti heikompi kuin luonnontilaisten kasvillisuusalueiden.	Keskisuuri positiivinen ++
Suositaan kookasta ja monikerroksellista kasvillisuutta ja kasvillisuuden suurta yksilömäärää	Lisää paikan hiilinielupotentiaalia.	Keskisuuri positiivinen ++
Rakennetaan luonnontilaisenkaltaisia kosteikkoalueita	Kosteikot toimivat tehokkaina hiilinieluina ja tuottavat samalla muita ympäristöhyötyjä.	Keskisuuri positiivinen ++
Säilytetään olevaa hyväkuntoista puustoa ja istutetaan mahdollisuuksien mukaan lisää puita	Lisää hiilinielupotentiaalia.	Keskisuuri positiivinen ++
Minimoidaan rakennettujen ja päällystettyjen alueiden pinta-alaa	Läpäisevät pinnoitteet mahdollistavat kasvillisuuden karikke- ja hiilisyötteen maaperään.	Keskisuuri positiivinen ++
Muutetaan soveltuviin kohteissa vanha olemassa oleva luonnonnurmikko (A3) metsäalueeksi (C1)	Lisää kasvillisuuden määrää ja hiilinielupotentiaalia. Kasvillisuuden ja maaperän hiilivarastojen välillä on positiivinen kytkentä: suurempi kasvillisuus ja karikesadanta mahdollistavat suuremman maaperän hiilivaraston.	Keskisuuri positiivinen ++
Vältetään mahdollisuuksien mukaan kasvimateriaalin ja leikkaus-/hakkuutähteiden poistoa alueilta	Säilyttää kasvillisuuden hiilinielun.	Pieni positiivinen +
Käytetään poistettavat kannot haketettuna alueen istutusten katemateriaalina	Maahan hajoamaan jätetyt leikkaus- ja hakkuutähteet ylläpitävät maaperän hiilivarastoja.	Pieni positiivinen +
Hyödynnetään alueiden vertikaaliset pinnat (muurit, valit, seinät) kasvillisuuden lisäämiseksi	Lisää hiilinielupotentiaalia.	Pieni positiivinen +
Säilytetään maaperän pieneliötoiminta huolehtimalla mm. maan ravinteikkaisuudesta.	Maaperäeliöstö osallistuu karikkeen muuttamiseen maaperän pitkäaikaisiksi hiilen varastoiksi.	Pieni positiivinen +

Toimenpide	Vaikutus hiilinieluihin	Vaikutuksen merkittävyys
Käytetään tervettä ja paikalla olevissa olosuhteissa kestävää kasvillisuutta, jonka hoitotarve on vähäinen ja kasvinsuojelutoimenpiteitä ei tarvita	Kasvillisuus säilyy todennäköisesti pidempään elinvoimaisena ja tarvitsee vähemmän hoitoa, jolloin kasvillisuuden uusimisesta ja ylimääräisestä hoidosta johtuvat kasvihuonekaasupäästöt vältetään.	Pieni positiivinen +
Suunnitellaan alueet maaperälähtöisesti sitten, että tarvitaan mahdollisimman vähän maa-ainesten vaihtoa.	Maanmuokkauksen vaikutusta maaperähiilen hajoamiseen on tutkittu, mutta vaikutus on edelleen epävarma (ristiriitaisia tutkimustuloksia aiheesta).	Vaikutus epävarma

B Avoimet viheralueet

Toimenpide	Vaikutus hiilinieluihin	Vaikutuksen merkittävyys
Metsitetään viljelystä poistetut pellot	Alueen hiilitaseen näkökulmasta viljelystä poistetut pellot tulisi metsittää silloin, kun hoitotavoitteena on hiilivaraston kasvattaminen. Peltojen metsittäminen hidastaa monissa tapauksissa ilmaston lämpenemistä, sillä uusien puiden kasvu sitoo hiilidioksidia ilmakehästä. Kun peltoon istutetaan puita, peltomaan heijastuvuus (albedo) kuitenkin vähenee, sillä varsinkin havupuiden tummat neulaset imevät tehokkaasti auringonsäteilyä, mikä lämmittää alailmakehää. Heijastavuuden muutosta voidaan pienentää suosimalla havupuiden joukossa lehtipuita tai istuttamalla puusto saarekkeiksi. Myös käyttämättömät soranottoalueet sopivat hyvin metsittämisen ja hiilinielujen kasvattamisen kohteiksi.	Keskisuuri positiivinen ++
Viljellään peltoalueilla monivuotisia peltokasveja yksivuotisten kasvien sijaan	Mitä pidempi elinaika kasvilla on, sitä enemmän se ehtii sitoa hiilidioksidia ilmakehästä. Monivuotisten kasvien maanpäälliset ja -alaiset osat ovat yleensä myös kooltaan suurempia kuin yksivuotisten. Kasvipeitteisyys ylläpitää maaperän hiilivarastoa.	Pieni positiivinen +
Perustetaan uusi kasvusto suorakylvönä	Kasvipeitteisyys ylläpitää maaperän hiilivarastoa.	Pieni positiivinen +

C Taajamametsät

Toimenpide	Vaikutus hiilinieluihin	Vaikutuksen merkittävyys
Estetään laajat metsätuhot	Laajojen metsätuhojen jälkeen metsä muuttuu hetkeksi hiilenlähteeksi mikäli alue metsitetään uudelleen. Mikäli tuhon jälkeen myös alueen käyttömuoto muuttuu, menetetään hiilivarastot pysyvästi.	Suuri positiivinen +++
Ylläpidetään metsien monimuotoisuus ja puuston kasvu	Nuorissa käsitellyissä metsissä hiilen sidonta on kaikkein suurinta nopean kasvun ja suuren kariketuoannon ansiosta. Jos metsiä käsitellään harvennuksin ja päätehakkuin, männyllä kiertoajan pidentäminen ja kuusella taas kiertoajan lyhentäminen on todettu lisäävän hiilen sidontaa kun huomioidaan myös puutuoteketjut. Metsien kasvua ja sitä myötä hiilen sidontaa voidaan lisätä myös lannoituksella.	Keskisuuri positiivinen ++
Jätetään lahoppuuta muodostumaan	Lahoppuut ovat hiilivarastoja.	Pieni positiivinen +
Lisätään lehtipuiden määrä	Lehtipuun määrää lisäämällä voidaan lisätä heijastusvaikutusta, jolla voi olla ilmastonmuutosta hidastava vaikutus. Vaikutus on osin epävarma.	Pieni positiivinen +
Suositaan metsien erikäsikasvatusta	Päätehakkuita ja maanmuokkausta välttämällä voidaan estää metsän toimimista hiilenlähteenä, joten erikäsikasvatus voi periaatteessa sopia hiilinieluvaikutuksen näkökulmasta taajamametsiin. Tällöin tosin menetetään nuoren puuston nopean kasvun ja hiilensidonnan vaihe.	Vaikutus epävarma

RAKENTAMISEN AIKAINEN TOIMINTA

Toimenpide	Vaikutus hiilinieluihin	Vaikutuksen merkittävyys
Ei vaurioiteta olevaa hyväkuntoista puustoa ja sen juuristoaluetta.	Työmaa-aikaiset järjestelyt tulee suunnitella huolellisesti etukäteen puu- ja juuristovaurioiden ehkäisemiseksi. Vaurioituneet puut voivat kuolla tai niiden hiilensidontakyky heikentyä.	Pieni positiivinen +
Aidataan säilytettävät puut, kasviryhmät ja luonto-alueet.	Säilytettävät puut, kasviryhmät ja luontoalueet tulee aidata, jotta puiden runkovauriot ja maakerrosten tiivistyminen estetään. Vaurioituneet puut voivat kuolla tai niiden hiilensidontakyky heikentyä. Rikkoontuneen pintakasvillisuuden ja pohjakerroksen kautta metsämaaperästä vapautuu maaperän hiilivarastoja sekä maaperän hiilinielumekanismit häiriintyvät. Kasvillisuuden suojaamisesta tarkempia ohjeita on esitetty InfraRyl- ja VRT-julkaisuissa.	Pieni positiivinen +
Käytetään pintamaan kuorintatekniikoita, joissa maaperän kerroksellisuus, rakenne ja pieneliötoiminta säilyvät, eivätkä kerrokset sekoitu keskenään.	Tekniikka auttaa säilyttämään maaperän hiilivarantoja, jos maanpäällinen kasvillisuus säilyy muuttumattomana. Jos kasvillisuus poistetaan, tekniikalla ei ole pidemmällä aikavälillä merkittävää vaikutusta.	Pieni positiivinen +

Rakentamisen aikataulu ja maa-ainesten hyötykäytön suunnittelu

Toimenpide	Vaikutus hiilinieluihin	Vaikutuksen merkittävyys
Metsitetään käytöstä poistettuja alueita mahdollisuuksien mukaan	Uusi kasvillisuus toimii hiilinieluna ja myöhemmin hiilivarastona.	Suuri positiivinen +++
Hyödynnetään maa-aineksia rakentamiskohteissa ilman välivarastointia. Hyödynnetään lähellä olevien työmaiden ylijäämämaiden rakentamiskohteissa. Tarvittaessa suunnitellaan maa-ainesten välivarastointi tai hyödyntäminen muussa läheisessä rakentamiskohteessa.	Maa-ainesten hyötykäytöllä vähennetään uusien maa- ja kiviainesten käyttöönottoa toisaalla. Lisäksi vähennetään maa-ainesten siirrosta ja kuljetuksista aiheutuvia hiilidioksidipäästöjä. Maa-ainesten kuljettaminen likaa myös katuja, joiden puhdistamisesta aiheutuu edelleen hiilidioksidipäästöjä.	Keskisuuri positiivinen ++

Toimenpide	Vaikutus hiilinieluihin	Vaikutuksen merkittävyys
Suositaan maa-ainesten käsittelyssä luonnonmukaisia menetelmiä	Säilytetään maaperän toiminnot (mikrobi- ja pieneliötoiminta) ja maa-ainesten laatu. Vältetään tukirakenteiden tarvetta (esim. löysän saven rakenne kiinteytyy tuulen, pakkasen ja auringon vaikutuksesta).	Keskisuuri positiivinen ++
Vältetään kasvualustan vaihtoa	Hiilitaseen kannalta on tärkeää, että kasvillisuus on elinvoimaista monikerroksellista ja kasvivalinnat on tehty maaperälähtöisesti ilman kasvualustan vaihtoa. Kasvivalinnoilla vaikutetaan merkittävästi myös hoitotyön laatuun ja määrään.	Keskisuuri positiivinen ++

Viheralueiden ylläpito

Toimenpide	Vaikutus hiilinieluihin	Vaikutuksen merkittävyys
Vältetään koneellista hoitoa vaativaa kasvillisuutta esim. nurmikon leikkaus, suositetaan sen sijaan ketoja ja niittyjä	Ketojen ja niittyjen hiilinielut ovat suuremmat kuin hoidettujen nurmien.	Keskisuuri positiivinen ++
Vältetään kantojen nostoa	Kannot ovat pitkäaikaisia hiilivarastoja ja ylläpitävät maaperän hiilivarastoja. Kantojen nosto ja maaperän voimakas muokkaaminen vapauttaa maaperän hiilivarastoja ilmakehään.	Keskisuuri positiivinen ++
Suositaan kasvupaikalla kestäviä ja elinvoimaisia lajeja	Mitä pidempi elinaika kasvulla on, sitä enemmän se ehtii sitoa hiilidioksidia ilmakehästä. Elinvoimainen kasvi sitoo hiiltä tehokkaammin kuin heikkokuntoinen.	Pieni positiivinen +
Käytetään nurmikossa lajikkeita, joiden leikkaustarve on vähäinen	Ilmakehästä nurmeen sitoutunut hiili varastoituu nurmeen pidemmän aikaa.	Pieni positiivinen +
Sovitetaan viheralueiden hoitoa alueen ekologisten olosuhteiden mukaiseksi	Kasvillisuus säilyy todennäköisesti pidempään elinvoimaisena ja tarvitsee vähemmän hoitoa, jolloin kasvillisuuden uusimisesta ja ylimääräisestä hoidosta johtuvat kasvihuonekaasupäästöt vältetään.	Pieni positiivinen +

Toimenpide	Vaikutus hiilinieluihin	Vaikutuksen merkittävyys
Vähennetään ja ajoitetaan niittokertoja.	Lisää hiilinielua. Lisäksi toimenpide lisää alkuperäisen lajiston monimuotoisuutta sekä säästää hoitokustannuksissa.	Pieni positiivinen +
Jätetään leikkaus- ja hakkuutähteet alueelle/haketetaan paikan päällä.	Maahan hajoamaan jätetyt tähteet ylläpitävät maaperän hiilivarastoja.	Pieni positiivinen +
Jätetään lahoppuuta metsiin sille soveltuviin kohtiin.	Lahoppuut ovat hiilivarastoja ja ylläpitävät luonnon monimuotoisuutta, joka puolestaan on elintärkeä osa elinvoimasta, hiiltä runsaasti sitovaa metsää.	Pieni positiivinen +
Suoritetaan työt niin ettei maasto vaurioidu.	Kasvillisuuden vaurioituminen vähentää paitsi hiilen sitoutumista kasvillisuuteen, myös orgaanisen hiilen siirtymistä kasvillisuudesta maaperään.	Pieni positiivinen +
Tuodaan esimerkiksi ennallistettaville moreenimaille ravinteikkaita ylijäämämaita.	Moreenimailla on mahdollista ekosysteemin hiilinielua parantamalla maaperän ravinteikkuutta ja lisäämällä kasvupaikan rehevyyttä.	Pieni positiivinen +
Käytetään laidunnusta sille soveltuvissa kohteissa.	Laidunnus kuluttaa vähemmän maaperää ja jättää kenttäkerroksen kasvillisuutta suojaamaan maaperän hiilivarastoja.	Pieni positiivinen +

KUVAILULEHTI / PRESENTATIONSBLAD / DOCUMENTATION PAGE

Julkaisija Utgivare Publisher	Helsingin kaupungin ympäristökeskus Helsingfors stads miljöcentral City of Helsinki Environment Centre	Julkaisuaika/Utgivningstid/ Publication time Kesäkuu 2014/Juni 2014/June 2014	
Tekijä(t)/Författare/Author(s)	Rasinmäki, Jussi (Simosol Oy) ja Känkänen, Riina (Ramboll Finland Oy)		
Julkaisun nimi Publikationens titel Title of publication	Kuntien hiilitasekartoitus osa 2: Hiilitaselaskuri ja toimenpidevalikoima Kartering av kommunernas kolbalans del 2: Beräkningsverktyg för kolbalansen och åtgärdsexempel Carbon balance review of municipalities part 2: Carbon balance counter and selection of measures		
Sarja Serie Series	Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja Helsingfors stads miljöcentrals publikationer Publications by City of Helsinki Environment Centre	Numero/Nummer/No. 10/2014	
ISSN	ISBN 978-952-272-720-6	ISBN (PDF) 978-952-272-721-3	
Kieli Språk Language	Koko teos / Hela verket / The work in full Yhteenveto/Sammandrag/Summary Taulukot/Tabeller/Tables Kuvatekstit/Bildtexter/Captions	fin fin, eng fin fin	
Asiasanat Nyckelord Keywords	ilmastonmuutos, hillintä, hiilinielut, hiilitase, laskentatyökalu klimatförändring, begränsning, kolsänkor, kolbalans, beräkningsverktyg climate change, mitigation, carbon sinks, carbon balance, calculation tool		
Lisätietoja Närmare upplysningar Further information	Jari Viinanen, puh./tel. (09) 310 31519 Sähköposti/e-post/e-mail: jari.viinanen@hel.fi		
Tilaukset Beställningar Distribution	Helsingin kaupungin ympäristökeskus, Asiakaspalvelu PL 500, 00099 Helsingin kaupunki Helsingfors stads miljöcentral, Kundtjänst PB 500, 00099 Helsingfors stad City of Helsinki Environment Centre, Customer Service P.O. Box 500, FIN-00099 CITY OF HELSINKI Puh./tel. +358-9-310 1635 Sähköposti/e-post/e-mail: ymk@hel.fi		

Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 2013

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

Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 2014

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