

Ilmastoviisas suunnittelu

Vaikuttavimmat ja kustannustehokkaimmat
keinot Järvenpään keskustan kehittämisessä

SITOWISE

Sisällysluettelo

1 Johdanto	3
2 Ilmastoviisaan suunnittelun keinot	5
2.1 Kasvihuonekaasupäästöjen jakautuminen eri osa-alueille	7
2.2 Energia	12
2.3 Liikenne	19
2.4 Rakennusten ja tonttien rakentaminen	37
2.5 Esirakentaminen ja yleiset alueet	48
2.6 Maaperän ja kasvillisuuden hiilivarastot.....	51
3 Johtopäätökset	56
4 Lähteet	60

1 Johdanto

Ilmastonmuutoksen torjuminen ja kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen ohjaa kaikkea yhteiskunnan toimintaa ja myös kaupunkien kehitystä yhä vahvemmin. Tämä vaikuttaa niin kaupunkien asukkaiden arkeen kuin myös moniin kaupungeissa tehtäviin suunnitteluvalintoihin niin maankäytön suunnittelun, rakentamisen kuin liikenteen järjestämisenkin osalta. Samaan aikaan kaupungeissa tehtävässä tulevaisuuden suunnittelussa on huomioitava myös ilmastonmuutoksesta seuraavat vaikutukset ja niihin sopeutuminen, kuten sään ääri-ilmiöt, runsastuvat sateet sekä pidentyvät ja voimistuvat hellejaksot. Hulevesien hallinta ja lämpösaarekeilmiön lieventäminen kannustavat kasvillisuuden lisäämiseen rakennetussa ympäristössä ja erityisesti tiiviimmissä ympäristöissä, kuten kaupunkien keskusta-alueilla.

Järvenpään tavoitteena on olla hiilineutraali vuonna 2035. Lisäksi tavoitteena on olla päästötön ja jätteetön, kestävä kulutuksen kaupunki vuoteen 2050 mennessä. Järvenpään kaupungilla on käynnissä 1.11.2023–15.9.2024 Ilmastoviisas johtaminen ja suunnittelu -hanke, jota ympäristöministeriö rahoittaa Kuntien ilmastoratkaisut -ohjelmassa. Tämä selvitys on laadittu osana hanketta. Tavoitteena hankkeessa on vahvistaa ilmastotavoitteiden johtamista ja toimeenpanoa. Hankkeessa kehitetään myös ilmastoviisasta suunnittelua, jossa tavoitteena on tunnistaa vaikuttavimmat ja kustannustehokkaimmat keinot ja osa-alueet ilmastoviisaudessa ensisijaisesti hillinnän näkökulmasta kehittyvän keskustan työkokonaisuudessa, sekä valmistella ohjeistus ja tarvittavat linjaukset ilmastoviisaan suunnittelun ja johtamisen toteuttamiseksi kehittyvän keskustan työkokonaisuudessa.

Tässä työssä on ollut tavoitteena tunnistaa ilmastoviisaan kaupunkisuunnittelun vaikuttavimmat ja kustannustehokkaimmat keinot ja osa-alueet, keskittyen keskusta-alueella merkittäviin toimenpiteisiin. Raportin aluksi tehdään lyhyt katsaus siihen, mitkä osa-alueet ovat päästöjen kannalta merkittävimmät. Tämän jälkeen syvennyttään toimenpiteisiin, joilla kunkin osa-alueen päästöjä on mahdollista vähentää. Toimenpiteille on arvioitu myös kustannusvaikutuksia ja kustannusten kohdistumista.

Tämä selvitys on laadittu Järvenpään kaupungin kehittyvän keskustan työkokonaisuuden tueksi sekä kaupungin asiantuntijatyön taustatiedoksi.

Tämän selvityksen toteutti Järvenpään kaupungin tilauksesta Sitowise Oy. Järvenpään kaupungilta selvityksen laatimista ohjasivat kaavoitusjohtaja Hannele Selin, ilmasto- ja

ympäristöpäällikkö Salka Orivuori, kaupunkikuva-arkkitehti Maria Suutari-Jääskö sekä projektisihteeri Emilia Haatainen. Työtä ovat kommentoineet lisäksi lukuisat muut asiantuntijat kaupunkikehityksen palvelualueelta.

2 Ilmastoviisaan suunnittelun keinot

Ilmastoviisautta voidaan edistää lukuisilla eri osa-alueilla Järvenpään keskusta-alueen kehittämisessä ja sen suunnittelussa. Tässä työssä ilmastoviisaita ratkaisuja on arvioitu viiden eri osa-alueen kautta: energiaan, liikenteeseen, rakennusten ja tonttien rakentamiseen, esirakentamiseen ja yleisiin alueisiin sekä maaperän ja kasvillisuuden hiilivarojen kasvattamiseen liittyvien toimenpiteiden osalta. Toimenpiteiden osalta on arvioitu merkittävyyttä negatiivisten ilmastovaikutuksien, eli hiilijalanjäljen, vähentämisessä ja positiivisten ilmastovaikutuksien, eli hiilikädenjäljen, kasvattamisessa. Arviointia on tehty Sitowisen Planect-työkalun (Sitowise, 2024), tutkimuskirjallisuuden sekä asiantuntija-analyyysien avulla. Merkittävyyttä kuvataan jokaisen toimenpiteen kohdalla asteikolla 1–5, joka kuvaa toimenpiteen merkittävyyttä oman osa-alueensa sisällä verrattuna saman osa-alueen toimenpiteisiin.

Työssä on pyritty arvioimaan ilmastotoimien merkittävyyden lisäksi myös toimien kustannusten suuruutta, kohdentumista sekä takaisinmaksuaikaa. Valtaosa ilmastotoimenpiteistä vaatii investointeja, joiden suuruutta on arvioitu asteikolla 1–3, missä yksi kuvastaa suhteessa tavanomaiseen toteutustapaan pientä investointia ja kolme suurta investointia. Moni toimenpiteistä vaikuttaa myös käyttökustannuksiin, mitä on arvioitu asteikolla -2–2, missä negatiivinen arvo kuvaa toimenpiteen myötä pieneneviä käyttökustannuksia ja positiivinen arvo toimenpiteen myötä kasvavia käyttökustannuksia. Käyttökustannuksissa arvo yksi tarkoittaa vähäistä vaikutusta käyttökustannuksiin ja kaksi merkittävää vaikutusta käyttökustannuksiin. Osa toimenpiteistä, kuten esimerkiksi energiatehokkuusinvestoinnit, tuottavat kustannussäästöjä pidemmällä aikavälillä tarkasteltuna, ja joidenkin toimien osalta kustannussäästöt näkyvät lähes välittömästi. Kustannussäästöjä aiheuttavien toimenpiteiden kohdalla on arvioitu myös takaisinmaksuaikaa asteikolla 1–3. Asteikolla yksi kuvastaa lyhyellä aikavälillä, kuten alle viidessä vuodessa, itsensä takaisinmaksavaa investointia, ja kolme pitkällä aikavälillä, kuten yli 15 vuodessa itsensä takaisinmaksavaa investointia. Kaksi kuvastaa näiden väliin jääviä, noin 5–15 vuodessa itsensä takaisinmaksavia investointeja. Ilmastotoimia toteuttamalla voidaan myös suojautua äkillisten, odottamattomien ja vaikeasti ennustettavissa olevien muutosten vaikutuksilta, kuten esimerkiksi fossiilisten polttoaineiden hinnanvaihtelulta.

Ilmastotyölle ja laajoille toimenpidekokonaisuuksille on haasteellista määritellä kokonaishintaa. Useiden toimenpiteiden toteutusratkaisut ja käytettävä teknologia

tarkentuvat tulevien vuosien aikana. Lisäksi esimerkiksi polttoaineiden ja materiaalien hinnat voivat vaihdella merkittävästikin. Toisaalta on haasteellista arvioida kustannuksia sille, että ilmastotyötä ei toteutettaisi. Toimenpiteiden merkittävyys ja kustannukset riippuvat suuresti myös toimenpiteen toteutuksen laajuudesta, mitä tämän työn puitteissa ei ole ollut mahdollista ottaa huomioon. Näin ollen ilmastovaikutusten merkittävyyttä sekä kustannusten suuruutta on kuvattu yleispiirteisillä asteikoilla tarkkojen hiilidioksiditonniin tai eurojen sijaan.

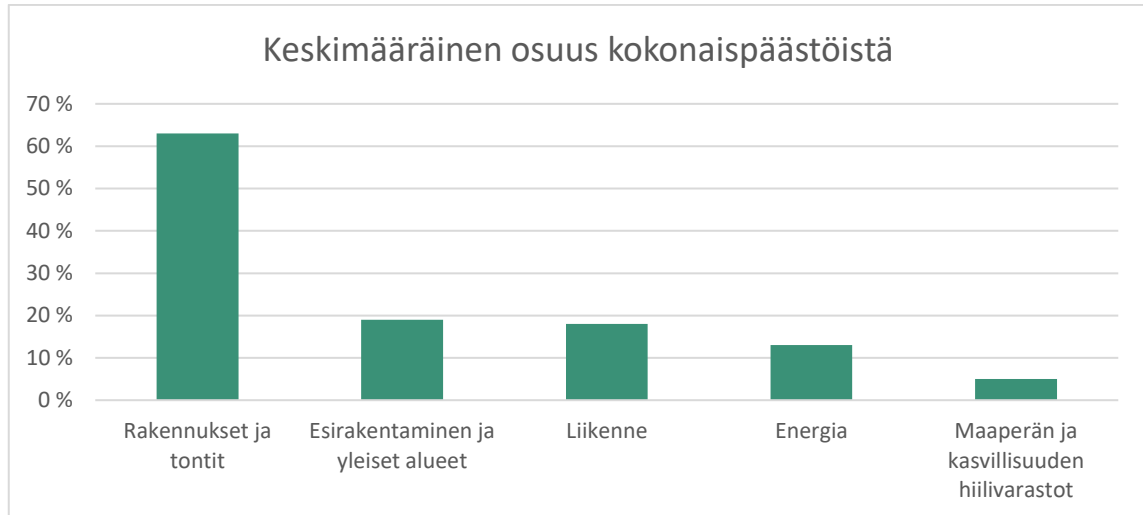
2.1 Kasvihuonekaasupäästöjen jakautuminen eri osa-alueille

Tässä raportissa esitettyjen toimenpiteiden tulkitseminen kaipaa taustakseen ymmärrystä kaupunkikehityksen päästövaikutusten kokonaisuudesta ja päästöjen eri osa-alueiden suhteellisista osuuksista. Tässä luvussa esitetyt luvut eivät perustu tätä selvitystä varten tehtyihin laskelmiin, jotka kuvaisivat tilannetta nimenomaisesti Järvenpään näkökulmasta, vaan perustuvat aiemmin Planectilla tehtyihin laskelmiin. Seuraava yleisempään tietoon pohjautuva kooste on oleellinen myös Järvenpäästä koskevien toimenpiteiden merkittävyyden ymmärtämiseksi eri osa-alueiden merkittävyyden osalta.

Oheinen taulukko kuvaa asemakaavoitusta vastaavan kaupunkikehityksen elinkaaren ilmastovaikutuksia niiden tekijöiden osalta, joihin kaavoituksella ja muilla maapolitiikan tyypillisillä vaikuttamiskeinoilla on suora vaikutus.

	Esi-rakentaminen ja yleiset alueet	Rakennukset ja tontit	Maaperän ja kasvillisuuden hiilivarastot	Liikenne	Energia
Keskimääräinen osuus kokonais-päästöistä	19 %	63 %	5 %	18 %	13 %
Vaihteluväli	0–30 %	31–76 %	0–13 %	6–27 %	7–15 %
Sanallinen kuvaus päästöosuudesta	Suurehko	Erittäin suuri	Pieni	Suurehko	Suurehko

Taulukko 2.1 Kooste asemakaavahankkeiden ilmastovaikutusten jakautumisesta eri osa-alueille Planectilla tehtyjen arvioiden pohjalta



Taulukko 2.2 Asemakaavahankkeiden ilmastovaikutusten jakautuminen eri osa-alueille Planectilla tehtyjen arvioiden pohjalta.

Tiedot perustuvat Planect-ohjelmistolla tehtyihin laskelmiin, jotka koskevat eri puolille Suomea sijoittuvia kaavahankkeita. Planect on selainpohjainen ohjelmisto laajuudeltaan asemakaavaa vastaavien aluekehityshankkeiden ilmastovaikutusten arviointiin. Planect-kehityksessä on tähdätty arvioinnin helppouteen ja nopeuteen. Arvioinnin teki-jältä ei edellytetä ilmastovaikutusten arvioinnin erityisosaamista. Planect-laskelmat soveltuvat erinomaisesti kaavojen vaikutustenarvioinnin osaksi ja menetelmän ketteryys kannustaa myös vähähiilisten vaihtoehtojen hakemiseen luonnossuunnitteluvaiheessa. Planect-arvioi ilmastomuutoksen hillintää kokonaisvaltaisesti: mukana ovat kaikki maankäytön suunnittelun kannalta keskeiset ilmastomuutoksen hillintään liittyvät vaikutukset. Arviointi sisältää ilmastohaitat (hiilijalanjälki) ja ilmastohyödyt (hiilikädenjälki). Planectin keskeisiä hyötyjä ovat laskentaperiaatteiden avoimuus ja järjestelmällisyys. Koska arvioinnit toteutetaan aina samoja periaatteita noudattaen, on eri kaavojen ilmastovaikutusten arviointien tuloksia helppo vertailla. Avoin ja kattava dokumentaatio edesauttaa tulosten tulkintaa ja luo hyvät edellytykset menetelmän kommentointiin ja kehittämiseen.

Ilmastopäästöt (hiilijalanjälki) arvioidaan Planectissa erikseen alueen eri elinkaarivaiheille. Arvioinnissa käytettävät elinkaarivaiheet ovat elinkaarilaskennan yleisten periaatteiden ja ympäristöministeriön Rakennusten vähähiilisyyden arviointimenetelmän mukaisesti tuote- ja rakentamisvaihe, käyttövaihe ja elinkaaren loppu.

Lisäksi ilmastohyödyt arvioidaan ympäristöministeriön rakennusten vähähiilisyden arviointimenetelmän mukaisesti elinkaari- ja materiaali-kierrätys, hyödyntäminen energiana, hiilivarastovaikutus ja karbonatisoituminen.

Arviointiin sisältyvät toiminnot noudattavat aluetasoisien ilmastovaikutusten vakiintuneita käytäntöjä ja pääosin FIGBC:n Hiilineutraalin rakennetun alueen määritelmää (FIGBC ja A-Insinöörit, 2023). Arviointiin sisältyvät toiminnot ovat esirakentaminen, infra ja yleiset alueet, rakennukset ja tontit, energia, liikenne sekä maaperän ja kasvillisuuden hiilivarastot. Tarkempi Planectin kuvaus on saatavilla osoitteessa wise.com/planect.

Tässä koosteessa mukana olleiden kymmenen asemakaavahankkeen tyypit vaihtelevat keskisuuren kaupungin taajama-alueen reunalla olevasta pientaloalueesta ison kaupungin keskustan tiiviiseen, toiminnoiltaan sekoittuneeseen hankkeeseen. Kaikki arvioidut hankkeet painottuvat uudisrakentamiseen, mutta osassa on mukana myös säilyviä rakennuksia. Laskelmat on tehty Planect-arvioinnin periaatteiden mukaisesti. Laskentajakso on 50 vuotta.

Analyysi osoittaa, että tarkastelluissa hankkeissa ylivoimaisesti keskeisin päästölähde on rakennusten rakentaminen. Muiden päästöjen osuus kokonaisuudesta vaihtelee paljon hankkeen paikallisten olosuhteiden, hankkeen sijainnin ja alueelle sijoittuvien toimintojen perusteella. Alle on koostettu kommentteja kustakin osa-alueesta.

Esirakentaminen ja yleiset alueet

Esirakentamisen päästöihin lasketaan kaikki kaava-alueen esirakentamistyöt niin tonttien kuin yleistenkin alueiden osalta. Lisäksi esirakentamisen päästöihin lasketaan purettavien rakennusten purkamisen päästöt. Esirakentamisen päästöt vaihtelevat suuresti. Esimerkiksi yhdessä analyysin pohjana käytetyistä hankkeista esirakentamisen päästöt edustavat neljäsosaa kokonaispäästöistä. Toisaalta mukana on monta hanketta, joihin ei sisälly mitään esirakentamisen vaikutuksia.

Esirakentamisen vaikutukset ovat suuret erityisesti heikosti kantavalle maaperälle rakennettaessa. Esimerkiksi pilaristabiloinnissa käytettävän sementin valmistuksen päästöt voivat olla kokonaisuuden kannalta merkittävä tekijä. Esirakentamisen osuuteen vaikuttaa myös se, kuinka paljon alueen rakentaminen vaatii katujen tai muiden yleisten alueiden rakentamista.

Maansiirtotöiden (sisältää muualta tuotavan murskeen) päästöt eivät arvioiduissa kohteissa nouse pohjavahvistuksia vastaavaksi merkittäväksi tekijäksi.

Kun esirakentamisen vaikutukset käsitellään erikseen, eivät muut yleisten alueiden päästöt ole tässä arviointikonaisuudessa kovin merkittäviä. Tätä selittää muun muassa se, että rakennettavien yleisten alueiden pinta-ala on tyypillisesti pieni suhteessa rakennettavaan kerrosalaan. Yleisten alueiden rakentamisen päästöjen suhteellinen osuus nousee merkittävään rooliin vain pientaloalueilla.

Rakennukset ja tontit

Rakennusten rakentaminen on tyypillisessä asemakaavahankkeessa ylivoimaisesti suurin päästölähde, tarkasteltiin päästöjä sitten asukaskohtaisesti tai absoluuttisina hiilidioksidiekvivalenttitonneina. Osion nimessä mainittujen tonttien rakentamisen vaikutus on vain prosentteja tästä osakokonaisuudesta. Rakennukset ja tontit -osio sisältää myös pysäköinnin rakentamisesta aiheutuvat päästöt, kun pysäköinti sijoittuu rakennukseen tai tontille.

Suurin osa arvioiduista kohteista on arvioitu olettaen rakennustavan olevan tyypillinen eli yleensä betonirunkoisia rakennuksia. Runkomateriaali on selkeästi suurin yksittäinen päästöjä selittävä tekijä. Pientalojen keskimääräiset päästöt ovat kerrostaloja pienemmät, koska pientaloissa käytetään puuta runkomateriaalina kerrostaloja yleisemmin. On kuitenkin hyvä huomata, että pientalorakentamisella on maankäyttöä hajauttava vaikutus, joka estää kestäväen kaupunkirakenteen syntymistä. Kestäväen kaupunkirakenteen merkitystä on tarkasteltu tämän raportin luvussa 2.3.2.

Rakennuksen elinkaari päästöjä tarkastellessa rakentamisen aikaisten, erityisesti materiaalien valmistuksesta aiheutuvien päästöjen, suhteellinen merkitys elinkaaren aikaisiin päästöihin on kasvanut, kun käytön aikaiset päästöt ovat laskeneet sähkön ja kaukolämmön tuotannon päästöjen laskettua.

Maaperän ja kasvillisuuden hiilivarastot

Maaperän ja kasvillisuuden hiilivarastot nousevat merkittävään rooliin lähinnä metsiin rakennettaessa. Kohteessa, jossa rakennetaan pientaloalue metsään, häviävien hiilivarastojen osuus on noin kymmenesosa kokonaispäästöstä.

Vähäisemmän kaupunkivihreän poistamisen vaikutus ei tässä käytetyllä suhteellisella tarkastelutavalla ole kovin suuri. On kuitenkin tärkeää tunnistaa, että kaupunkiluonnolla voi olla paljon muita positiivisia vaikutuksia.

Uusia viheralueita rakentamalla ei yleensä saavuteta merkittäviä hyötyjä ilmastonmuutoksen hillinnän näkökulmasta – ja näiden hyötyjen toteutuminen vie joka tapauksessa pitkään. Uuden kasvillisuuden kasvaminen yhtä merkittäväksi hiilinieluksi kuin jo olemassa oleva kasvillisuus vie aikaa.

Arvioinneissa on otettu huomioon myös maaperän hiilivarastot ja niiden muutokset sekä kasvillisuuden poistuessa tulevaisuuden hiilinielun vähenevä vaikutus.

Liikenne

Liikenteen päästöt ovat yleensä merkittävä tekijä. Liikenteen päästöjen vähentäminen on myös yksi keskeisistä haasteita kuntien ilmastotyössä.

Liikenteen päästöt riippuvat ennen kaikkea alueen sijainnista. Tiiviiseen, toimintoiltaan monipuoliseen, hyvien joukkoliikenne-, pyöräily- ja jalankulkuyhteyksien äärelle sijoittuvien toimintojen päivittäisen liikenteen päästöt ovat selkeästi pienemmät kuin päästöt kaupunkien laitamien autovyöhykkeillä.

Toisaalta päästöihin vaikuttavat oleellisesti myös alueelle sijoittuvat toiminnot. Esimerkiksi kaupan suuryksikkö lisää liikennettä merkittävästi asuinrakennusta enemmän.

Energia

Energiantuotannon päästöt näyttävät edelleen merkittävää roolia, vaikka niiden osuus onkin pudonnut nopeasti viimeisen kymmenen vuoden aikana. Uudisrakennukset ovat pääsääntöisesti paljon energiatehokkaampia kuin vanhempi rakennuskanta, ja energiaverkkojemme päästöjä on onnistuttu pienentämään merkittävästi.

2.2 Energia

Energiaa koskevat tarkastellut toimenpiteet liittyvät rakennusten energiatehokkuuden parantamiseen, uusiutuvan energian tuotantoon ja päästöttömään työmaahan. Tarkastelluista energiaan liittyvistä toimenpiteistä merkittävin on olemassa olevien rakennusten energiatehokkuuden parantaminen, sillä olemassa olevaa rakennuskantaa, jonka energiatehokkuutta voitaisiin parantaa, on valmiiksi paljon. Myös uudisrakentamisen energiatehokkuuden parantamisella voidaan saada suhteellisesti suuria säästöjä uusien rakennusten energiankulutukseen. Rakennusten lämmityksen lämmitysmuotona lämpöpumppu vähentää merkittävästi rakennuksen energiankulutuksesta aiheutuvaa hiilijalanjälkeä.

Energian päästöjä vähentävillä toimenpiteillä voi olla merkittäviä taloudellisia säästövaikutuksia esimerkiksi energiankulutuksen vähenemisen tai uusiutuvan energian tuotannon vähentäessä tarvittavaa ostoenergiaa. Näin moni investointi, jota energiaa koskevat toimenpiteet edellyttävät, maksavat itsensä myös takaisin suhteellisen nopeasti.

Energian osuus tyypillisen kaupunkikehityshankkeen elinkaaren kokonaispäästöistä on suurehko (katso luku 2.1). Seuraavan taulukon arviot pohjaavat arviointiin Energiaosion sisällä – ei suhteessa muihin osioihin.

	Merkittävyys ilmaston- muutoksen hillinnässä (1–5)	Investointi- kustannus (1–3)	Käyttökustannus (-2–2)	Kustannusten kohdistuminen	Takaisin- maksuaika (1–3)
Olemassa olevien rakennusten energiatehokkuuden parantaminen	5	3	-2	Kaupunki ja yksityiset toimijat	2
Paikallisen uusiutuvan energian tuotannon lisääminen	4	3	-2	Kaupunki ja yksityiset toimijat	1
Uudisrakennusten energiatehokkuuden parantaminen	3	3	-2	Kaupunki ja yksityiset toimijat	1

Taulukko 2.3 Energiaa koskevat arvioidut toimenpiteet. Selitykset merkittävyyden, investointien, käyttökustannuksien ja takaisinmaksuaikojen arvioinnille löytyvät luvun 2 alusta.

2.2.1 Olemassa olevien rakennusten energiatehokkuuden parantaminen

Rakennusten lämmityksen päästöihin vaikuttaa lämmitykseen käytetyn energian määrä. Ilmaston lämpenemisen arvioidaan vähentävän lämmitystarvetta tulevaisuudessa jonkin verran, mutta merkittävämpi vaikutus on erilaisilla energiatehokkuutta parantavilla toimilla. Rakennusten energiatehokkuutta parantavilla peruskorjauksilla voidaan vaikuttaa merkittävästi rakennuksissa syntyvään energiankulutukseen ja näin kaupunkiympäristössä syntyviin energian päästöihin.

Merkittävyys ilmastonmuutoksen hillinnässä (1-5)	Investointikustannus (1-3)	Käyttökustannus (-2-2)	Kustannusten kohdistuminen	Takaisinmaksuaika (1-3)
5	3	-2	Kaupunki ja yksityiset toimijat	2

Oheisessa taulukossa (Taulukko 2.4) arvioidaan perusparannustoimenpiteiden vaikutusta eri ikäisten rakennusten energiankulutukseen. Oletuksena on, että laajan perusparannuksen yhteydessä rakennuksessa uusitaan kaikki lukuun ottamatta rakennusrunkoa ja perustuksia. Kevyessä perusparannuksessa olemassa oleviin rakennuksiin toteutetaan parannustoimenpiteet rakennusosille, jotka ovat teknisen käyttöikänsä päässä eli vain välttämättömät korjaukset. Rakennuksista uusitaan osia siis vain tarpeen mukaan. Korjaustoimenpiteiden päästövaikutukset on arvioitu neljän eri aikakauden rakennuksille niille tyypillisten korjaustarpeiden mukaisesti.

Kevyisiin perusparannuksiin verrattuna laajoilla energiaremonteilla voidaan vähentää merkittävästi rakennusten hiilijalanjälkeä. Arvioinnissa on huomioitu sekä perusparannuksen toteutuksesta että sitä seuraavasta rakennuksen käytöstä aiheutuvat päästöt 50 vuoden aikajänteellä. Luvut on laskettu Sitowisen Tampereen kaupungille kehittämällä Purkavan täydennysrakentamisen päästöpuntarilla.

t CO ₂ e 50 vuoden elinkaaren aikana	Laaja perusparannus		Kevyt perusparannus	
	Rakentaminen	Energia	Rakentaminen	Energia
Rakennusvuosi				
-1955	285	394	136	1077
1956–1975	285	394	135	1049
1976–2002	285	394	132	1066
2003-	285	394	122	612

Taulukko 2.4 Asuinkerrostalon hiilijalanjälki 50 vuoden tarkastelujaksolla (t CO₂e). Tarkastelussa käytetty esimerkkikohteena 1500 k-m² kerrostaloa.

2.2.2 Paikallisen uusiutuvan energian tuotannon lisääminen

Uusiutuvan energian tuotanto rakennuksessa mahdollistaa rakennuksen energian päästöjen vähentämisen niin sähkönkulutuksen kuin lämmönkulutuksenkin osalta.

Merkittävyys ilmastonmuutoksen hillinnässä (1–5)	Investointikustannus (1–3)	Käyttökustannus (-2–2)	Kustannusten kohdistuminen	Takaisinmaksuaika (1–3)
4	3	-2	Kaupunki ja yksityiset toimijat	1

Työssä on arvioitu aurinkosähkön ja maalämmön lisäämisen vaikutukset rakennusten energiankulutukseen ja hiilijalanjälkeen. Arvio on tehty Sitowisen Planect-ohjelmistolla, joka hakee rakennuksille energiankulutusarviot E-lukupohjaisesti rakennustyyppiin, rakennuksen E-lukuun ja lämmitystapaan pohjautuen. Kunkin rakennusluokan E-luvun oletusarvot pohjautuvat siihen kuuluvien uudisrakennusten kansalliseen keskimääräiseen E-lukuun energiatodistusrekisterissä.

Energiankulutuksen päästöt on arvioitu rakennuksen elinkaaren pituisena aikasarjana. Eri energiamuotojen kulutusarviot on muunnettu päästöiksi kertomalla vuositason energiankulutus (kWh/a) kutakin elinkaaren vuotta vastaavalla energiamuodon yksiköpäästökertoimella. Rakennusten vuositason energiankulutuksen oletetaan pysyvän samana niiden koko elinkaaren ajan.

Aurinkosähkön tuotannon osalta on arvioitu, että rakennuksen sähkönkulutuksesta 20 % voitaisiin hoitaa paikallisesti tuotetulla aurinkoenergialla. Tämä edellyttää todennäköisesti aurinkopaneelien asentamista myös muualle kuin rakennuksen katolle, esimerkiksi julkisivuihin, mikä on mahdollista vaikkakin harvinaisempaa kuin katoille sijoittaminen.

Lämmityksen osalta on arvioitu vaihtoehtoa, jossa kaukolämmön sijaan rakennuksen lämmöntuotanto hoidetaan lämpöpumpulla. Tämä voi tarkoittaa maa- tai ilmalämpöpumppua. Näiden välillä ei ole energiatehokkuuden kannalta merkittävää eroa, mutta valtaosassa isompia rakennuksia käytetään maalämpöratkaisuja. Tämän voidaan olettaa perustuvan maalämpöratkaisun teknistaloudellisiin etuihin suhteessa ilmaresilämpöpumppuihin.

kg CO ₂ e/k-m ² /a, 50 vuoden keskiarvo	Asuinrakennus	Toimisto	Hotelli	Päivittäis-tavarakauppa	Koulu
Keskimääräiset energian päästöt, kaukolämpö	4,6	4,7	9,3	5,3	5,1
Aurinkoenergiantuotannolla (20 % rakennuksen sähkönkulutuksesta)	4,3	4,3	8,8	4,7	4,8
Aurinkoenergian tuottama vähennys suhteessa keskimääräiseen	7 %	9 %	5 %	11 %	5 %
Lämpöpumpulla	2,7	3,1	4,9	3,8	2,7
LP:n tuottama vähennys suhteessa keskimääräiseen	42 %	34 %	47 %	29 %	47 %
Vähennyspotentiaali yhteensä	48 %	43 %	53 %	39 %	52 %

Taulukko 2.5 Rakennusten energiasta johtuvat vuosittaiset kasvihuonekaasupäästöt neliötä kohden, 50 vuoden keskiarvo. Laskelmat on tehty Sitowisen Planect ohjelmistolla (Sitowise, 2024).

2.2.3 Uudisrakennusten energiatehokkuuspotentiaali

Tiukemmillä energiavaatimuksilla voidaan vaikuttaa merkittävästi rakennuksen energiankulutukseen ja näin ollen myös siitä syntyviin kasvihuonekaasupäästöihin. Uudisrakennusten kohdalla energiatehokkuusvaatimukseksi voidaan asettaa esimerkiksi vaatimus A-energialuokasta, mikä vähentää uudisrakennusten energiankulutukseen liittyviä päästöjä.

Merkittävyys ilmastonmuutoksen hillinnässä (1–5)	Investointikustannus (1–3)	Käyttökustannus (-2–2)	Kustannusten kohdistuminen	Takaisinmaksuaika (1–3)
3	3	-2	Kaupunki ja yksityiset toimijat	1

Tässä työssä Sitowisen rakennusten energiantarpeita arvioivalla työkalulla on arvioitu rakennuslainsäädännön minimivaatimusten mukaiset energiantarpeet ja näistä aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt sekä A-energialuokan vaatimusten mukaisten rakennusten energiantarpeet ja näistä aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt viiden eri rakennustyyppin osalta (Taulukko 2.6). Laskennat perustuvat kirjoitushetkellä voimassa oleviin lakeihin ja asetuksiin. Kaikissa rakennustyypeissä päästövähennyspotentiaali parempaa energiatehokkuutta edellyttämällä on suuri. Hotellirakennuksissa energiankulutuksen päästöt voivat jopa puolittua (-53 %). Toimistorakennuksissa ja liikerakennuksissa vähenemä voi olla yli neljänneksen (-28– -26 %) ja asuinrakennuksissakin energian päästöt pienenevät kuudesosalla A-energialuokkavaatimuksen myötä. Koulurakennuksissa A-energialuokka vähentää energian päästöjä 11 %.

Kaukolämmön päästöjen arvioinnissa on käytetty Vantaan Energia Keski-Uusimaan lämmöntuotannon ominaispäästöjä, jotka olivat 53 kg CO₂/MWh vuonna 2022. Sähkön päästöjen arvioinnissa on päästökertoimena käytetty 70 kg CO₂/MWh. Luku on Tilastokeskuksen kolmen viimeisen tilastovuoden (2020–2022) keskiarvo, jossa yhteistuotanto on jaettu energiamenetelmällä. Energiamenetelmä tarkoittaa päästöjen jakamista eri energiamuodoille tuotettujen energiamäärien suhteessa.

kg CO ₂ e/k-m ² /a	Asuinkerrostalo	Toimisto	Hotelli	Liikerakennus	Koulu
Määräysten mukainen	6,9	7,0	13,9	7,9	8,5
A-energia-luokka	5,7	5,0	6,6	5,9	7,5
Vähennys	17 %	28 %	53 %	26 %	11 %

Taulukko 2.6 Energiatehokkuusvaatimusten (A-energialuokka) parantamisen vaikutus vuosittaisen energiankulutuksen päästöihin uudisrakentamisessa. Luvut kg CO₂e/m², vuosittainen keskiarvo 50 vuoden tarkastelujaksolla.

2.3 Liikenne

Liikenteen osalta arvioidut toimenpiteet liittyvät kestäväan kaupunkirakenteeseen, päästöjä rajaavan ympäristövyöhykkeen asettamiseen, joukkoliikenteen palvelutason parantamiseen, autoliikenteen rauhoittamiseen, pysäköinnin järjestämiseen ja hintaan sekä pyöräilyn, kävelyn ja sähköautoilun edistämiseen. Tehokkaimmiksi toimenpiteiksi lyhyen aikavälin toimista nähtiin ympäristövyöhykkeen asettaminen ja pidemmän aikavälin merkittävyudessa kestävä kaupunkirakenne ja pysäköintinormin väljentäminen. Myös joukkoliikenteen palvelutason parantaminen, pysäköintimaksujen käyttöönotto ja korottaminen, sekä pysäköinnin eriyttäminen pysäköintilaitoksiin nähtiin tehokkaina toimenpiteinä päästöjen vähentämiseksi.

Monilla liikenteen päästövähennystoimilla on myös muita positiivisia vaikutuksia kaupunkiympäristöön. Liikenteen melun väheneminen, ilmanlaadun paraneminen ja liikenteen rauhoittaminen parantaa kaupunkiympäristön viihtyisyyttä sekä turvallisuutta jalan ja pyörällä kulkevien näkökulmasta, mikä kannustaa aktiivisten kulkumuotojen valintaan. Arkiliikunnan lisääntymisellä on merkittäviä positiivisia vaikutuksia kansanterveyteen.

Liikenteen toimenpiteiden laaja toteuttaminen päästöintensiivisten kulkumuotojen vähentämisen ja kestävien kulkumuotojen lisäämisen osalta ohjaa laajasti liikennejärjestelmän systeemitason muutokseen, jolloin toimenpiteiden yhteisvaikutus voi olla vielä merkittävämpi kuin yksittäisille toimenpiteille kuvatut vaikutukset.

Liikenteen osuus tyypillisen kaupunkikehityshankkeen elinkaaren kokonaispäästöistä on suurehko (katso luku 2.1). Seuraavan taulukon arviot pohjaavat arviointiin Liikenneosion sisällä – ei suhteessa muihin osioihin.

	Merkittävyys ilmas- tonmuutoksen hil- linnässä (1–5)	Investointi- kustannus (1–3)	Käyttökustannus (-2–2)	Kustannusten kohdistuminen	Takaisin-mak- suaika (1–3)
Ympäristövyöhykkeen asettaminen autoliikenteelle	4	1	0	Kaupunki ja yksi- tyiset toimijat	0
Kestävä kaupunkirakenne	4	2	-2	Kaupunki ja yksi- tyiset toimijat	1–3
Pysäköintipaikkamitoi- tusten väljentäminen	4	1	-2	Kaupunki ja yksi- tyiset toimijat	1
Kadunvarsipysäköinnin vähentäminen	3	1	-1	Kaupunki ja yksi- tyiset toimijat	1
Pysäköintimaksujen korottaminen	3	1	-2	Kaupunki ja yksi- tyiset toimijat	1
Eriytetty pysäköinti	3	1	1	Kaupunki ja yksi- tyiset toimijat	-
Sähköautoilun edistäminen	3	2	-2	Kaupunki ja yksi- tyiset toimijat	1
Paikallisjunien palvelu- tason parantaminen	3	2	2	Kaupunki	-
Bussiliikenteen palvelu- tason parantaminen	2	2	2	Kaupunki	-
Autoliikenteen rauhottaminen	2	2	0	Kaupunki	2
Kävelyn ja pyöräilyn edistäminen	1	1	-1	Kaupunki	1

Taulukko 2.7 Liikennettä koskevat arvioidut toimenpiteet. Selitykset merkittävyyden, investointien, käyttökustannuk-
sien ja takaisinmaksuaikojen arvioinnille löytyvät luvun 2 alusta.

2.3.1 Ympäristövyöhykkeen asettaminen autoliikenteelle

Suomessa liikenteen päästöistä 95 % johtuu tieliikenteestä. Tieliikenteeseen kuuluu kaikki teillä tapahtuva liikenne, kuten esimerkiksi henkilöautoliikenne, linja-autoliikenne, kuorma-autoliikenne ja moottoripyöräliikenne. Tieliikenteen päästöistä hieman yli puolet syntyy henkilöautoliikenteestä. Tieliikenteen päästöjen vähentämisessä tehokkaimpia tapoja on liikenteen sähköistämisen ohella vähentää tieliikenteen määrää. Tehokkaimmin tätä voidaan toteuttaa tiemaksujen avulla. Suomen tämänhetkinen lainsäädäntö ei kuitenkaan mahdollista tiemaksujen käyttöönottoa. Tiemaksuja vastaavaa tehokkuutta voi kuitenkin tarjota ympäristövyöhyke, joka ohjaa vähäpäästöisempien ajoneuvojen valintaan.

Merkittävyys ilmastonmuutoksen hillinnässä (1–5)	Investointikustannus (1–3)	Käyttökustannus (-2–2)	Kustannusten kohdistuminen	Takaisinmaksuaika (1–3)
4	1	0	Kaupunki ja yksityiset toimijat	-

Ympäristövyöhykkeellä voidaan rajata suuripäästöisten autojen liikennettä ympäristövyöhykkeen rajaamalla alueella joko kieltämällä ajo alueelle sakon uhalla tai asettamalla maksu, jonka maksamalla alueella saa ajaa myös ympäristövyöhykkeen päästörajan ylittävällä ajoneuvolla. Ympäristövyöhyke voidaan myös rajata koskemaan vain osaa autoliikenteestä, kuten esimerkiksi raskaita ajoneuvoja. Ympäristövyöhykkeellä voidaan vähentää jopa kolmasosa autoliikenteen päästöistä ilman, että autoliikenteen suoritteen määrä juurikaan muuttuu, kun ympäristövyöhyke ohjaa vähäpäästöisempään autokantaan. Ympäristövyöhykkeistä tehokkaimmiksi on todettu nollapäästöisten ajoneuvojen vyöhyke sekä vyöhyke, joka edellyttää biopolttoaineiden käyttöä kuljetuksissa ja rakentamisessa. Kolmanneksi tehokkaimmaksi on todettu Euro-päästöluokapohjaisen vyöhykkeen asettaminen henkilöautoliikenteelle. Kaikki näistä toteutuksista vähentävät merkittävästi myös liikenteestä syntyviä lähipäästöjä (Kantala et al., 2024, Helsingin kaupunki, 2019). Ympäristövyöhykkeitä on käytössä lukuisissa kaupungeissa ympäri maailman, esimerkiksi Helsingissä, Tukholmassa, Oxfordissa ja Singaporessa.

Ympäristövyöhykkeen toteuttamisen investointikustannukset ovat pienet, ja riippuen vyöhykkeen rajoituksen tasosta päästövähennyspotentiaali voi olla myös hyvin merkittävä. Ympäristövyöhykkeen merkittävyys riippuu kuitenkin suuresti sen toteutustavasta sekä laajuudesta, mitä autoliikenteen muotoja ja maantieteellistä aluetta vyöhyke koskee.

2.3.2 Kestävä kaupunkirakenne

Kestävä kaupunkirakenne on kokonaisvaltainen pohja kestävän elämäntavan ja liikku-
misen mahdollistamiseksi. Kaupunkirakenteen tiiviys ja sekoittuneisuus mahdollistaa
monipuolisten palvelujen sijoittumisen lähelle asumista ja käveltävyyttä tukevan kau-
punkiympäristön, mikä vähentää liikkumisen tarvetta. Kestävä kaupunkirakenne mah-
dollistaa ilmaston kannalta kestävän liikenteen, tehokkaamman infrastruktuurin to-
teuttamisen ja vähemmän katukilometrien rakentamista. Hajautuvassa kaupunkiraken-
teessa etäisyydet pitenevät ja päivittäisten asiointien hoitaminen edellyttää useammin
autoilua. Lähipalveluiden toteuttaminen on vaikeaa, kun lähialueella oleva asukas-
määrä jää helposti pieneksi hajaantuneessa kaupunkirakenteessa.

Merkittävyys ilmastonmuutoksen hillinnässä (1–5)	Investointi- kustannus (1–3)	Käyttökustannus (-2–2)	Kustannusten kohdistuminen	Takaisin- maksuaika (1–3)
4	1	-2	Kaupunki ja yksityi- set toimijat	1–3

Työssä on arvioitu kaupunkirakenteen päästöjä Sitowisen Planect-työkalulla sijoitta-
malla sama määrä asuinrakentamista keskusta-alueelle ja kauemmaksi keskustasta
Jampan asuinalueelle (Taulukko 2.8). Laskelmasta havaitaan, että liikenteen päästöt yli
kolminkertaistuvat, kun rakentaminen sijoittuu väljempään kaupunkirakenteeseen,
missä asukkaiden kulkumuotojakaumat ovat autoliikennepainotteisempia kuin tiiviim-
mässä kaupunkirakenteessa ja päivittäin kuljetut etäisyydet pidempiä. Tässä arviointi-
kokonaisuudessa keskitytään liikenteen päästöihin, joten tarkastelussa kaupunkiraken-
teen vaikutusta on arvioitu vain asemakaavatasoisen liikenteen päästöarvion näkökul-
masta

kg CO ₂ e/k-m ² /a	Liikenne
Keskusta	2,39
Jamppa	7,37
Päästöjen kasvu rakennettaessa kauemmaksi kaupunkirakenteessa	208 %

Taulukko 2.8 Kaupunkirakenteen vaikutus kasvihuonekaasupäästöihin. Liikenteen päästöissä havaitaan hyvin suuri kasvu rakentamisen suuntautuessa kauemmaksi keskustasta.

Mikäli kaupunkirakenne hajautuu, johtaa se suuremman rakennusmäärän toteutumiseen ilmaston kannalta heikompien olosuhteiden pariin, kuten kauemmaksi olemassa olevasta kaupunkirakenteesta pidentäen näin päivittäisiä matkoja ja edellyttäen usein myös laajamittaista uuden infran rakentamista. Lisäksi se johtaa todennäköisemmin maankäytöllisesti tehottomampaan rakentamiseen, mikä tarkoittaa suurempaa hiilinielujen katoamista ja näin kasvattaa rakentamisen ilmasto- ja ympäristökuormaa (Manninen, 2022).

Tarkempien kustannusvaikutusten arvioiminen edellyttää tapauskohtaisempaa arvioita, mutta yleisellä tasolla voidaan todeta olemassa olevaan kaupunkirakenteeseen pohjautuvan rakentamisen olevan kaavataloudellisesti viisasta, sillä se vähentää uuden ja kalliin infrarakentamisen tarvetta ja näin myös sen ylläpidosta aiheutuvia kustannuksia. Toisaalta esimerkiksi työmaajärjestelyille voi olla käytössä vähemmän tilaa, joka saattaa aiheuttaa pieniä lisäkustannuksia.

Rakennusten korottaminen mahdollistaa kaupunkirakenteen tiivistämisen kestäväällä ja tilatehokkaalla tavalla ja vähentää tarvetta rakentaa kauemmas hajauttaen kaupunkirakennetta. Korottavalle täydennysrakentamiselle haasteita saattaa syntyä rakennusten runkojen kyvystä kantaa uutta painoa, minkä vuoksi puu on hyvin korottavaan rakentamiseen sopiva materiaali. Puurakentamisen ilmastovaikutuksia on arvioitu tarkemmin luvussa 2.4.1. Myös olemassa olevien rakennusten käyttöä tehostamalla voidaan saada lisää toimintoja jo olemassa olevan rakennuskannan piiriin.

2.3.3 Pysäköintipaikkamitoitusten väljentäminen

Pysäköintipaikan löytyminen automatkan molemmista päistä on keskeisimpiä houkuttimia tehdä matka autolla. Pysäköintipaikkojen saatavuuden rajoittaminen vähentää autoliikennettä ja näin myös autoliikenteestä aiheutuvia päästöjä. Asunnon yhteydessä löytyvä edullinen tai ilmainen pysäköintipaikka vaikuttaa suuresti auton hankintaan. Auton omistaminen johtaa kestävien kulkutapojen käytön merkittävään vähenemiseen. Mikäli pysäköintipaikkojen rakentamisvelvoitteita väljennetään, rakennetaan pysäköintipaikkoja asuntojen yhteyteen vähemmän, mikä ohjaa valitsemaan kestävämpiä kulkumuotoja.

Merkittävyys ilmastonmuutoksen hillinnässä (1–5)	Investointikustannus (1–3)	Käyttökustannus (-2–2)	Kustannusten kohdistuminen	Takaisinmaksuaika (1–3)
4	1	-2	Kaupunki ja yksityiset toimijat	1

Asunnon yhteydessä oleva varattu pysäköintipaikka nostaa auton omistuksen todennäköisyyden kolminkertaiseksi (Christiansen et al., 2017). Pysäköintipaikat tonteilla lisäävät autoilua (Guo, 2013c, Weinberger 2012), matkojen pituuksia (Guo 2013b) ja auton omistamista (Weinberger 2012). Alhaisemmat pysäköintinormit vähentävät auton omistusta, mutta kannustavat myös auton jo omistavia valitsemaan kestävämpiä kulkumuotoja matkojen tekemiseen (Christiansen et al., 2017; Guo, 2013b). Näin ollen pysäköintipaikkojen määrää koskevat vaatimukset vaikuttavat hyvin merkittävästi liikenteen kulkutapajakaumiin ja näin myös liikenteen päästöihin.

Pysäköintipaikkojen rakentaminen lisää myös rakentamisen päästöjä ja kustannuksia ja on selvästi kallein kaavamääräyksistä aiheutuva rakennuskustannuksia nostava tekijä (Rakli, 2021). Näin ollen pysäköintinormin väljentämisen käyttökustannukset on arvioitu pienimmäksi mahdolliseksi, sillä normin väljentäminen säästää merkittävästi rahaa, kun pysäköintipaikkojen rakentamisvaatimukset pienenevät. Normin päättäminen on myös täysin kaupungin itsensä päätettävissä, eikä vaadi investointeja, joten sen investointikustannus on arvioitu myös asteikon alimmalle tasolle. Lisäksi pysäköintipaikkavaatimukset voivat johtaa ilmaston kannalta huonoihin ratkaisuihin, kuten kansi- ja pihojen rakentamiseen, joka estää pihaille kasvavan kasvillisuuden ja maaperän

hiilinielujen kehittymisen pitkällä aikavälillä sekä suurten puiden kasvamisen ja lisää ilmaston kannalta suuripäästöisen betonin käyttöä.

2.3.4 Kadunvarsipysäköinnin vähentäminen

Pysäköintipaikan löytyminen automatkan molemmista päistä on keskeisimpiä houkuttimia tehdä matka autolla. Pysäköintipaikkojen saatavuuden rajoittaminen vähentää autoliikennettä ja näin myös autoliikenteestä aiheutuvia päästöjä.

Merkittävyys ilmastonmuutoksen hillinnässä (1–5)	Investointikustannus (1–3)	Käyttökustannus (-2–2)	Kustannusten kohdistuminen	Takaisinmaksuaika (1–3)
3	1	-1	Kaupunki ja yksityiset toimijat	1

Mikäli kadunvarsipysäköintiä ei ole helposti saatavilla keskusta-alueella, on todennäköisempää, että matka tehdään muulla kuin autolla. Ilmainen kadunvarsipysäköinti lisää autonomistusta 9 % (Zhan, 2013). Varmuus pysäköinnistä kasvattaa automatkojen pituutta 10 % (Guo, 2013a). Näin ollen pysäköintipaikkojen saatavuus ei ainoastaan kannusta autoilemaan, vaan kasvattaa myös automatkoista aiheutuvia päästöjä, kun matkat pitenevät. Mikäli sama palvelu löytyy toisesta sijainnista, missä pysäköinti on helpommin saatavilla, voi osa automatkoista suuntautua toiseen kohteeseen ja kohteen sijainnista riippuen joko lisätä tai vähentää autoliikenteestä aiheutuvia päästöjä.

Pysäköintipaikkojen vähentäminen mahdollistaa myös katukasvillisuuden ja istutusten lisäämisen, mikä kasvattaa kaupungin hiilinieluja ja tukee ilmastonmuutokseen sopeutumista helpottamalla hulevesien hallintaa ja vähentämällä lämpösaarekeilmiötä. Pysäköintipaikkojen vähentäminen voi myös vähentää lumenkuljetuksen päästöjä, kun lumen välivarastoinnille löytyy katutilasta helpommin tilaa ennen pysäköintipaikkoina olleilta paikoilta, kun samassa tilassa ei enää voi seisoa autoa.

Pysäköintipaikkojen vähentäminen pienentää kaupungin kustannuksia koskien pysäköintipaikkojen ylläpitämistä ja näin ollen maksaa näin pienet investointikustannukset takaisin suhteellisen lyhyellä aikavälillä. Pysäköintipaikkojen vähentäminen voi kuitenkin nostaa autoilijoiden kustannusta, kun olemassa olevat pysäköintipaikat ovat haluttomia.

2.3.5 Pysäköintimaksujen käyttöönotto ja korottaminen

Pysäköintimaksujen korottamisella voi olla kadunvarsipysäköintipaikkojen tarjonnan vähentämisen kanssa samansuuntaisia vaikutuksia kulkumuotojakaumaan ja liikenteen päästöihin.

Merkittävyys ilmastonmuutoksen hillinnässä (1–5)	Investointikustannus (1–3)	Käyttökustannus (-2–2)	Kustannusten kohdistuminen	Takaisinmaksuaika (1–3)
3	1	-2	Kaupunki ja yksityiset toimijat	1

Pysäköintimaksun korottaminen voi myös vapauttaa pysäköintipaikkoja pitkäaikaissäilytyksestä niitä eniten tarvitseville asiointipaikoiksi suosituimmissa sijainneissa. Pysäköintimaksun kasvattamisen merkittävyys riippuu suuresti korotuksen tasosta. Taulukossa esitetyt kustannukset on arvioitu kaupungin näkökulmasta: pysäköintimaksujen kasvattaminen vähentää pysäköintiin liittyviä käyttökustannuksia kaupungin näkökulmasta, sillä se kasvattaa pysäköinnistä saatavia tuottoja. Investointi on pieni ja sen takaisinmaksuaika lyhyt. Yksityisille toimijoille kustannusten kohdistuminen on päinvastainen, sillä pysäköintimaksujen kasvattaminen kasvattaa yksityisten toimijoiden kustannuksia. Toisaalta autoliikenteen väheneminen parantaa kaupunkiympäristön viihtyisyyttä, mikä lisää jalan kulkevien ihmisten määrää ja näin yritysten potentiaalisten asiakkaiden määrää. Paremmat kävelyolosuhteet kasvattavat keskusta-alueella toimivien yksityisten toimijoiden toimintaympäristöä ja tuottoja (Astala, 2022; Rantala et al., 2014).

2.3.6 Eriytetty pysäköinti

Pysäköintipaikan läheisyys on keskeinen auton kulkutapavalintaan johtava tekijä. Eriytämällä pysäköinti tonteilta voidaan kannustaa autoilijoita valitsemaan kestävämpiä kulkumuotoja ja vähentää näin autoilua, jolle olisi vaihtoehtoja.

Merkittävyys ilmastonmuutoksen hillinnässä (1–5)	Investointikustannus (1–3)	Käyttökustannus (-2–2)	Kustannusten kohdistuminen	Takaisinmaksuaika (1–3)
3	1	1	Kaupunki ja yksityiset toimijat	-

Pysäköintipaikat tonteilla lisäävät autoilua (Manville & Pinski, 2020; Guo, 2013c, Weinberger 2012), matkojen pituuksia (Guo 2013b) ja auton omistamista (Weinberger, 2012; Transport for London, TfL, 2012). Eriytetty pysäköinti helpottaa myös pysäköintipaikan hinnan erottamista asunnon hinnasta, mikä vähentää autoilua (Manville & Pinski, 2020).

Autolla tehtyjen matkojen osuus tehdyistä matkoista laskee merkittävästi, jos pysäköintipaikalle on yli 50 metriä verrattuna tilanteeseen, jossa matka on alle 50 metriä. Vaikutus on voimakkaampi ostosmatkoissa (67 % → 44 %) ja vapaa-ajan matkoissa (41% → 26%) kuin työmatkoissa (54 % → 51 %). Luvut sisältävät matkat kuljettajana ja kyytiläisenä. (Christiansen et al., 2017)

Kun automatkoista suurempi osa on vapaa-aikaan liittyviä kuin työhön liittyviä, voidaan eriytetyn pysäköinnin vaikutusta kulkutapajakaumaan pitää merkittävänä. Samalla vältetään kansipihojen rakentamista, mikä mahdollistaa suuremmat puut, enemmän hiiltä sitovan kasvillisuuden ja pidempi-ikäisen pihan sekä voi myös vähentää rakentamisessa käytettävän suuripäästöisen betonin määrää, mikäli esimerkiksi kattorakenteet voidaan tehdä kevyempinä kuin kansipihalle tehtävät rakenteet.

Helsingin asemakaavojen vähähiilisuuden arviointimenetelmässä eriytetyn pysäköinnin on arvioitu vähentävän liikenteen päästöjä 7,2 % (Helsingin kaupunki, 2021).

2.3.7 Sähköautoilun edistäminen

Yksi merkittävimmistä tavoista vähentää autoliikenteen ajon aikaisia kasvihuonekaasupäästöjä on käyttövoiman muutos fossiilisista polttoaineista vähäpäästöisiin vaihtoehtoihin, kuten sähköautoihin. Tätä siirtymää kunnat ja taloyhtiöt voivat tukea sähköautoilun mahdollisuuksia parantamalla esimerkiksi tarjoamalla parempaa latausinfraa tai alhaisempia pysäköintimaksuja sähköautoille

Merkittävyys ilmastonmuutoksen hillinnässä (1–5)	Investointikustannus (1–3)	Käyttökustannus (-2–2)	Kustannusten kohdistuminen	Takaisinmaksuaika (1–3)
3	2	-2	Kaupunki ja yksityiset toimijat	1

Tukemalla kotitalouksien latauslaitteiden muuttamista pienempitehoisista latauslaitteista suurempitehoisemmiksi latauslaitteiksi voisi saada sähköautojen määrän kasvamaan 5–6 % (Mellinger et al., 2018). Mikäli latauspisteiden rakentamisvauhti kolminkertaistuisi, voisi sähköautojen myyntimäärä kasvaa jopa noin viidenneksellä (Pihlatie et al., 2019). Helsingin asemakaavojen vähähiilisyyden arviointimenetelmässä sähköautojen latausmahdollisuuksien edistämisen on arvioitu vähentävän liikenteen päästöjä 5,2 %.

2.3.8 Paikallisjunien palvelutason parantaminen

Junaliikenne on yksi vähäpäästöisimmistä liikenteen muodoista. Junan käyttöön kannustaa hyvä palvelutaso: tarvetta vastaavat vuorovälit, viihtyisät asemanympäristöt ja helpot vaihtoyhteydet sekä matkan luotettavuus, nopeus ja miellyttävyys.

Merkittävyys ilmastonmuutoksen hillinnässä (1–5)	Investointikustannus (1–3)	Käyttökustannus (-2–2)	Kustannusten kohdistuminen	Takaisinmaksuaika (1–3)
3	2	2	Kaupunki	-

Kestävä joukkoliikenne mahdollistaa vähäpäästöisen arjen liikkumisen. Lähijunaliikenteen lisääminen ja sen houkuttelevuuden ja palvelutason parantaminen voivat olla merkittävässä roolissa liikenteen päästöjen vähentämisessä. Junaliikenteen päästöt ovat pienimmät eri joukkoliikennemuodoista. Kaupungin sisäisessä liikenteessä junaliikenne on vähemmän merkittävää, minkä vuoksi palvelutason parantamisen merkittävyys on tässä selvityksessä arvioitu vain keskiverroksi. Kun tarkastellaan vain keskusta-alueita ja Järvenpäästä laajempaa kokonaisuutta, on junaliikenteen palvelutason merkitys joukkoliikenteen houkuttelevuudessa keskeinen tekijä.

Kestävän joukkoliikenteen edellytyksenä on riittävän tiivis kaupunkirakenne, joka takaa joukkoliikenteen järjestämiselle riittävän suuret asukasmäärät sekä joukkoliikenteen varaan kestävästi suunniteltu palvelurakenne.

2.3.9 Bussiliikenteen palvelutason parantaminen

Bussiliikenne muodostaa keskeisen osan Järvenpään sisäistä joukkoliikennejärjestelmää. Bussiliikenteen palvelutasoa parantamalla voidaan mahdollistaa yhä useamman matkan tekeminen joukkoliikenteellä.

Merkittävyys ilmastonmuutoksen hillinnässä (1–5)	Investointikustannus (1–3)	Käyttökustannus (-2–2)	Kustannusten kohdistuminen	Takaisinmaksuaika (1–3)
2	2	2	Kaupunki	-

Bussiliikenteen palvelutason parantaminen ja sujuvoittaminen, esimerkiksi lisäämällä linja-autoille varattuja kaistoja ja etuajo-oikeuksia sekä parantamalla pysäkkiympäristöjen miellyttävyyttä, tekee liikkumisesta houkuttelevampaa ja luotettavampaa. Bussiliikenteen sujuvoittamisella pyritään vaikuttamaan kulkutapajakaumaan ja vähentämään henkilöautojen ajosuoritetta.

Vaikutus päästöihin perustuu joukkoliikenteen houkuttelevuuden lisäämiseen. Päästövähennyspotentiaaliin vaikuttavat myös linja-autojen käyttövoimat ja niiden teknologinen kehitys.

2.3.10 Autoliikenteen rauhoittaminen

Autoliikenteen rauhoittaminen tarkoittaa liikenneympäristön muuttamista sellaiseksi, että autoliikenne aiheuttaa vähemmän haittaa. Rauhoittamista voidaan tehdä hidastamalla ajonopeuksia nopeusrajoituksia alentamalla tai rakenteellisin toimin tai vähentämällä autoliikenteen määrää muiden suunnitteluratkaisujen avulla. Samalla kadun liikenteelle varattua tilaa voidaan varata enemmän kestävämmille kulkumuodoille ja tehdä näistä houkuttelevampia. Autoliikenteen määrän vähentyminen vähentää liikenteestä aiheutuvia kasvihuonekaasupäästöjä.

Merkittävyys ilmastonmuutoksen hillinnässä (1–5)	Investointikustannus (1–3)	Käyttökustannus (-2–2)	Kustannusten kohdistuminen	Takaisinmaksuaika (1–3)
2	2	0	Kaupunki	2

Barcelonan Superblock-konseptissa suurkortteleiden katujen autoliikennettä rauhoitettiin ja suurkorttelien sisäisillä kaduilla läpiajo kiellettiin. Liikennemäärät kaduilla, joilla muutoksia tehtiin, vähenivät merkittävästi, keskimäärin lähes 15 % enemmän verrattuna tutkimuksessa verrokkina toimineisiin kontrollikatuihin. Autoliikenne ei siirtynyt rauhoitetuilta kaduilta läheisille kaduille, vaan väheni laajemmalla alueella ja matkoja tehtiin enemmän kestäväillä kulkumuodoilla. (Nello-Deakin, 2022)

Helsingissä käynnissä olevassa Esplanadin kesäkatukokeilussa on poistettu Esplanadin puistoa reunustavilta itä-länsisuuntaisilta kaksikaistaisilta ja yksisuuntaisilta kaduilta yhdet ajokaistat suuntaansa ja vapautuneen tilan myötä kasvatettu jalkakäytäviä, lisätty kasvillisuutta, penkkejä ja rakennettu lukuisia uusia terasseja. Etelä-Esplanadin puolella aiemmin jalkakäytävän vieressä ollut pyörätie on siirretty ajoradalle ja kasvatettu jalkakäytäviä. Esplanadia reunustavat kadut ovat alueellisia kokoojakatuja. Kokeilun ensimmäisen vuoden tulosten mukaan autoliikennettä ei ole juurikaan siirtynyt paikalliskatuverkolle eikä se ole ruuhkauttanut Esplanadin sivukatuja, jolloin voidaan olettaa autoliikenteen vähentyneen Esplanadin ympäristössä autoliikenteen tilan pienentyttyä. Alueella tehtyjen haastattelututkimusten, kyselytutkimuksen sekä havainnointitutkimusten mukaan ihmiset ovat kokeneet kävely-ympäristön ja viihtyisyyden

parantuneen merkittävästi, kokeilu on parantanut käveltävyyttä ja lisännyt kaupunkielämää. (Helsingin kaupunki, 2023)

Nopeusrajoitusten alentamisesta seuraava päästövähennys syntyy pääosin autoilun houkuttelevuuden vähenemisestä, jolloin kestävien kulkumuotojen, kuten joukkoliikenteen, kävelyn ja pyöräilyn houkuttelevuus ja suhteellinen etu autoliikenteeseen verrattuna kasvaa ja päästövähennystä syntyy liikennemuotovalintojen painottuessa enemmän kestäviin kulkumuotoihin. Autoliikenteen rauhoittaminen tekee myös kävely-ympäristöstä turvallisemman ja viihtyisemmän autoliikenteen haittojen vähentyessä, mikä kannustaa tekemään matkat kävelen.

Autoliikenteen rauhoittamiseen liittyvät investoinnit voivat olla hyvin kevyitä ja pieniä, kuten katuun tehtävät merkinnät tai nopeusrajoitusten merkitsemiset kyltein. Toisaalta pysyvämmät rakenteet voivat olla myös kalliimpia toteuttaa ja suunnitella. Näin ollen investointikustannukset on arvioitu keskimääräisiksi. Autoliikenteen vähenemisen myötä liikenteen haitat vähenevät, jonka on arvioitu maksavan investointikustannukset takaisin keskipitkällä aikavälillä melun vähentyessä, ilmanlaadun parantuessa, autoinfran korjaustarpeiden pienentyessä sekä viihtyisyyden ja aktiivisten liikkumismuotojen ja niiden tuottamien terveyshyötyjen lisääntyessä.

2.3.11 Kävelyn ja pyöräilyn edistäminen

Kävelyn ja pyöräilyn olosuhteiden parantaminen, kuten pyörä- ja kävelyväylien parannukset sekä monipuolisempien ja laajempien pyörien säilytysratkaisujen tarjonnan lisääminen tekee pyöräilystä ja kävelystä houkuttelevampaa ja vaikuttaa näin liikenteen kulkumuotojakaumaan ja hiilijalanjälkeen.

Merkittävyys ilmastonmuutoksen hillinnässä (1–5)	Investointikustannus (1–3)	Käyttökustannus (-2–2)	Kustannusten kohdistuminen	Takaisinmaksuaika (1–3)
1	1	-1	Kaupunki	1

Kävelyn ja pyöräilyn olosuhteiden parantaminen kannustaa ihmisiä käyttämään kestäviä kulkumuotoja, mutta on yksittäisenä toimenpiteenä valitettavan tehoton ilman autoliikenteen rajoittamista tai joukkoliikenteen palvelutason parantamista, sillä autoliikenteen helppous ja mahdollisuus auton käyttöön kannustaa valitsemaan sen ensisijaisesti. Joukkoliikenteen palvelutason parantaminen liittyy vahvasti myös kävelyn olosuhteisiin, sillä joukkoliikenteen matkaketjut sisältävät lähes aina myös kävelymatkoja. Toimenpiteen merkittävyys on arvioitu yksittäisenä toimenpiteenä kuitenkin pieneksi, sillä itsessään kävelyn ja pyöräilyn olosuhteiden parantaminen ei yleensä riitä nostamaan kestävien kulkumuotojen houkuttelevuutta suhteessa autoiluun riittävästi ilman autoliikenteen rajoituksia tai parannuksia joukkoliikenteeseen. Helsingin asemakaavojen vähähiilisyden arviointimenetelmässä laadukkaat kävely-ympäristöt vähentävät liikenteen päästöjä 0,5 % ja pyöräilyn edellytyksiin panostaminen 3,6 % (Helsingin kaupunki, 2021).

Kävelykatualueen laajentaminen houkuttelee tekemään keskustan sisäiset matkat kävellen ja viettämään aikaa keskustassa jalankulkijana, mikä vähentää keskustan sisäistä matkoista syntyviä päästöjä ja lisää keskustassa aikaa viettävien ihmisten määrää. Tämä lisää keskustayrittäjien liikevaihtoa ja keskustan elinvoimaa. Ilmiö on tuttu lukuisista eurooppalaisista kaupungeista mutta myös Suomessa tehdyistä tutkimuksista (Asatala, 2022; Norppa, 2020).

Lisäksi kävelyn ja pyöräilyn lisääntyminen lisää arkiliikuntaa ja vähentää liikkumattomuudesta aiheutuvaa haittaa niin yksilöille itselleen kuin kansantaloudellekin. Verrattuna muiden liikennemuotojen raskasrakenteisiin ja kalliisiin investointeihin, voidaan kävelyn ja pyöräilyn olosuhteita parantaa myös kevyillä ratkaisuilla, jolloin olosuhteiden parantaminen on kustannuksiltaan pientä ja tämän sekä moninaisten hyötyjensä vuoksi arvioitu myös takaisinmaksuajaltaan nopeaksi.

2.4 Rakennusten ja tonttien rakentaminen

Rakennusten ja tonttien rakentamista koskevista toimenpiteistä arvioitiin puurakentamisen, rakennuksen hiilijalanjäljelle raja-arvon asettamisen, rakennusten säilyttämisen, vähähiilisten peruskorjauksien, rakennusten korkeuden ja erilaisten pysäköintiratkaisujen ilmastovaikutuksia.

Tehokkaimmiksi toimenpiteiksi nähtiin olemassa olevien rakennusten säilyttäminen sekä puurakentamisen edellyttäminen ja hiilijalanjäljen raja-arvon asettaminen.

Rakennusten ja tonttien rakentamisen osuus tyypillisen kaupunkikehityshankkeen elinkaaren kokonaispäästöistä on erittäin suuri (katso luku 2.1). Seuraavan taulukon arviot pohjaavat arviointiin Rakennukset ja tontit -osion sisällä – ei suhteessa muihin osioihin.

	Merkittävyys ilmastonmuutoksen hillinnässä (1–5)	Investointi- kustannus (1–3)	Käyttökustannus (-2–2)	Kustannusten kohdistuminen	Takaisin- maksuaika (1–3)
Puurakentamisen vaatimuksen vaikutus rakennuksen päästöihin	5	2	0	Kaupunki ja yksityiset toimijat	-
Rakennusten säilyttämisen purkamisen sijaan	5	1–3	0	Kaupunki ja yksityiset toimijat	-
Hiilijalanjäljen raja-arvon asettaminen uudisrakentamiselle	4	2	-1–0	Kaupunki ja yksityiset toimijat	1
Pysäköintiratkaisujen rakentamisen vaikutukset	1	2	1	Kaupunki ja yksityiset toimijat	-
Rakennuksen korkeuden vaikutus päästöihin	2	1	0	Kaupunki ja yksityiset toimijat	-
Vähähiilinen peruskorjaus	1	2	0	Kaupunki ja yksityiset toimijat	-
Vähäpäästoiset työkoneet ja päästötön työmaa	1	1	0	Kaupunki ja yksityiset toimijat	-

Taulukko 2.9 Rakennusten ja tonttien rakentamista koskevat arvioidut toimenpiteet. Selitykset merkittävyyden, investointien, käyttökustannuksien ja takaisinmaksuaikojen arvioinnille löytyvät luvun 2 alusta.

2.4.1 Puurakentamisen vaatimuksen vaikutus rakennuksen päästöihin

Suuripäästöisen betonin ja teräksen korvaaminen puurakenteilla on hyvin merkittävä tapa vähentää rakennuksen ilmastovaikutuksia. Puun tuotannossa syntyy vähemmän päästöjä kuin betonin ja teräksen tuotannossa, ja puu varastoi itseensä hyvin tehokkaasti hiiltä, mikä kasvattaa rakennuksen hiilikädenjälkeä merkittävästi.

Merkittävyys ilmastomuutoksen hillinnässä (1–5)	Investointikustannus (1–3)	Käyttökustannus (-2–2)	Kustannusten kohdistuminen	Takaisinmaksuaika (1–3)
5	2	0	Kaupunki ja yksityiset toimijat	-

Puurakentamisen vaikutusta on arvioitu tarkastelemalla kaavamääräystä, joka velvoittaa rakennuttajaa rakentamaan rakennuksen runko puurakenteisena. Puurungon päästövähennys on arvioitu Sitowisen Planect-työkalulla. Arvioitu vähennys ilmastovaikutuksissa on noin 80 % rakennuksen elinkaaren aikaisista rakentamiseen liittyvistä kokonaispäästöistä. Puurunko vähentää rakennuksen hiilijalanjälkeä noin 17 % ja kasvattaa hiilikädenjälkeä 447 %. Puurungon vaikutusta on arvioitu yhdessä rakennuksen korkeuden vaikutuksen kanssa, missä tarkastelussa on käytetty Suomessa tyypillisen asuin-kerrostalon päästöarvioita (Luku 2.4.5; Taulukko 2.12; Taulukko 2.13).

2.4.2 Rakennusten säilyttäminen purkamisen sijaan

Rakennusten säilyttämisellä voidaan vähentää merkittävästi kasvihuonekaasupäästöjen syntymistä, mikäli säilyttäminen korvaa uudisrakentamista. Purkamisesta aiheutuvat päästöt ovat pienet, mutta uudisrakentamisen päästöt ovat suuret erityisesti käytettäessä suuripäästöistä betonia ja terästä. Mikäli säilyttäminen ei johda uudisrakentamisen rakentamatta jättämiseen vaan rakennus rakentuu samankokoisena heikompaan sijaan, voi säilyttämisestä seurata jopa purkavaa vaihtoehtoa suuremmat päästöt.

Merkittävyys ilmastomuutoksen hillinnässä (1–5)	Investointikustannus (1–3)	Käyttökustannus (-2–2)	Kustannusten kohdistuminen	Takaisinmaksuaika (1–3)
5	1–3	0	Kaupunki ja yksityiset toimijat	-

Merkittävin ilmastohyöty rakennuksen säilyttämisessä syntyy rakennuksen rungon ja perustusten säilyttämisestä. Runko ja perustukset ovat rakennuksen materiaalien hiili-intensiivisin osa. Esimerkiksi käyttötarkoituksen muutoksen yhteydessä saatetaan päätyä uudistamaan lähes kaikki muut rakennusosat. Rungon osuus rakentamisvaiheen päästöistä on 34 %, kun perustuksia ei huomioida (Ramboll, 2024).

Säilyttävästä ja purkavasta vaihtoehdosta on tehty tarkastelu Sitowisen Planect-ohjelmistolla. Laskennassa on huomioitu rakennusten ja tonttien rakentamisesta sekä esirakentamisesta, purkamisesta ja työmaatoiminnoista johtuvat päästöt. Säilyttävässä vaihtoehdossa on oletettu toteutettavan laaja energiaremontti. Näin myöskään vaihtoehtojen energiaan liittyvissä päästöissä ei synny merkittävää eroa. Säilyttävä vaihtoehto on noin 50 % vähäpäästöisempi rakentamisen ja esirakentamisen päästöiltään kuin purkava vaihtoehto, missä rakennetaan saman verran kerrosneliöitä. Myös hiilikädenjälki jää puolet pienemmäksi, mutta hiilikädenjäljen merkittävyys on pieni verrattuna syntyvien päästöjen suuruusluokkaan (Taulukko 2.10).

kg CO ₂ e/k-m ² /a	Purkaminen ja uudisrakennus	Säilyttävä (Laaja energiaremontti)	Säilyttämisen vaikutus
Hiilijalanjälki	17,9	8,98	-50 %
Hiilikädenjälki	-1,68	-0,8	-52 %

Taulukko 2.10 Purkavan uudisrakentamisen ja säilyttävän vaihtoehdon vertailu.

2.4.3 Hiilijalanjäljen raja-arvon asettaminen uudisrakentamiselle

Asettamalla rakennukselle hiilijalanjäljen raja-arvo voidaan saada aikaan merkittäviä päästövähennyksiä rakennuksen elinkaaripäästöissä. Rakentamislakiin pohjaava ympäristöministeriön asetus tulee määrittelemään rakennuksen koko elinkaaripäästöjä koskevan raja-arvon, jota on vähintään noudatettava rivitaloissa, asuinkerrostaloissa sekä toimisto- ja liikerakennuksissa ja julkisessa käytössä olevissa rakennuksissa todennäköisesti lähivuosina. Kunnilla on kuitenkin mahdollisuus säätää itse tiukemmat raja-arvot ja vaikuttaa näin myönteisesti rakentamisesta aiheutuvien kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen.

Merkittävyys ilmastomuutoksen hillinnässä (1–5)	Investointikustannus (1–3)	Käyttökustannus (-2–2)	Kustannusten kohdistuminen	Takaisinmaksuaika (1–3)
4	2	-1–0	Kaupunki ja yksityiset toimijat	1

Tässä työssä on arvioitu elinkaaripäästöjä koskevan hiilijalanjäljen raja-arvon eri tasojen vaikutusta rakennusten rakentamisen päästöihin. Arvio on tehty Sitowisen Planect-työkalulla verraten 1 500 kerrosneliömetrin nelikerroksisen kerrostalon rakentamista eri hiilijalanjäljen raja-arvoilla tilanteeseen, jossa raja-arvoa ei ole asetettu (Taulukko 2.11). Erot päästöissä syntyvät rakentamisaikaisten päästöjen sekä materiaalien päästöjen muutoksissa. Hiilijalanjäljen raja-arvon vaikutuksen kohdistuessa energiatehokkuutta koskeviin toimenpiteisiin voi se laskea rakennuksen käyttökustannuksia.

kg CO ₂ e/k-m ² /a	Ei raja-arvoa	Raja-arvo 15 kg CO ₂ e/k-m ²	Raja-arvo 10 kg CO ₂ e/k-m ²	Raja-arvo 5 kg CO ₂ e/k-m ²
Asuinkerrostalon rakentamisesta sekä tontin rakentamisesta aiheutuvat päästöt	14,5	10,8	5,76	4,79
Päästövähennys verrattuna tilanteeseen, jossa raja-arvoa ei ole asetettu		26 %	60 %	67 %

Taulukko 2.11 Rakennusten hiilijalanjäljelle asetettavan raja-arvon vaikutus rakennusten ja tonttien rakentamisen keskimääräisiin vuosittaisiin päästöihin suhteutettuna kerrosalaan 50 vuoden tarkastelujaksolla.

Esitetyt raja-arvot koskevat rakennuksen koko elinkaarta. Mikäli raja-arvo asetetaan, voi toteuttaja lähestyä hiilipäästöjen vähentymistä haluamallaan tavalla ja vaikutus voi näin ollen kohdistua myös esimerkiksi energiatehokkuuteen. Esitetystä laskelmasta vaikutuksen on laskennan toteutustavan vuoksi oletettu kohdistuvan rakennuksen elinkaari- ja päästölaskennan vaiheeseen A, missä arvioidaan rakentamisvaiheessa syntyviä päästöjä.

Jotta hiilijalanjäljen raja-arvo on vaikuttava, tulisi se asettaa tyypillisen vähähiilisen rakennuksen neliömetrikohtaisen vuosittaista keskimääräistä päästöarvoa alemmaksi, että sillä on ohjausvaikutusta rakentamisen päästöihin. Ennen ympäristöministeriön edellyttämän raja-arvon voimaantuloa tietyn raja-arvon tai ympäristöministeriön raja-arvoa tiukemman raja-arvon noudattamisvaatimus voidaan asettaa esimerkiksi kaavamääräyksenä.

2.4.4 Pysäköintiratkaisujen vaikutukset rakentamisen päästöihin

Pysäköintiratkaisujen vaikutuksista merkittävimmät syntyvät pysäköinnin suunnittelusta. Pysäköintiratkaisujen ilmastovaikutukset ovat osaltaan ristiriitaisia, sillä rakenteellinen pysäköinti tuottaa enemmän rakentamisen ja energiankulutuksen päästöjä, kun taas maanvarainen pysäköinti vie tilaa ja hajauttaa kaupunkirakennetta. Tässä alaluussa tarkastellaan vain pysäköintiratkaisujen vaikutusta rakentamisen päästöihin.

Merkittävyys ilmastomuutoksen hillinnässä (1–5)	Investointikustannus (1–3)	Käyttökustannus (-2–2)	Kustannusten kohdistuminen	Takaisinmaksuaika (1–3)
1	2	1	Kaupunki ja yksityiset toimijat	-

Rakenteellisen pysäköinnin rakentaminen tuottaa noin kolminkertaiset päästöt pysäköintikenttään nähden. Tätä voidaan kuitenkin vähentää merkittävästi toteuttamalla rakenteellinen pysäköinti puurakenteisiin pysäköintitaloihin. Kalliopysäköinnin on oletettu olevan päästöiltään samaa suuruusluokkaa muun rakenteellisen pysäköinnin kanssa. Pysäköity henkilöauto vie tilaa kadunvarresta noin 12 m². Pysäköintilaitoksessa taas tilaa tulee varata 25–30 m² henkilöautoa kohden (Helsingin kaupunki, 2022). Pysäköintiratkaisujen kustannukset ovat merkittävimpiä kaavamääräyksistä johtuvia kustannuksia (Rakli, 2021).

Pysäköintikenttien rakentaminen keskusta-alueelle toteutettuna vie kuitenkin maa-alaa muuten hyvältä sijainnilta kaupunkirakenteessa, jolloin esimerkiksi asuinrakentamista on tehtävä kauemmaksi ja kaupunkirakenne hajautuu, mikä lisää niin liikenteen päästöjä kuin rakentamisen ympäristöjalanjälkeä. Kestävän kaupunkirakenteen vaikutuksia on arvioitu tarkemmin luvussa 2.3.2.

Mikäli pysäköinti toteutetaan tonteilta eriytettynä pysäköintinä, vähentää se merkittävästi autoilun osuutta liikenteessä, mikä voi vähentää myös autoilun ja näin pysäköinnin tarvetta ihmisten tottuessa käyttämään kestäviä kulkutapoja. Eriytetyn pysäköinnin vaikutuksia on avattu tarkemmin luvussa 2.3.6.

2.4.5 Rakennuksen korkeuden vaikutus päästöihin

Rakennuksen korkeus vaikuttaa rakennuksen neliökohtaisiin päästöihin. Mitä korkeampi rakennus rakennetaan, sitä vahvemmat rakenteet tarvitaan.

Merkittävyys ilmastonmuutoksen hillinnässä (1–5)	Investointikustannus (1–3)	Käyttökustannus (-2–2)	Kustannusten kohdistuminen	Takaisinmaksuaika (1–3)
2	1	0	Kaupunki ja yksityiset toimijat	1

Tarkastelu tehtiin 4 kerroksisille, 8 kerroksisille, 16 kerroksisille ja 32 kerroksisille rakennuksille (Taulukko 2.4). Arvio pohjaa Sitowisen Planect-työkalun päästöarvioon neliökohtaisista rakennusten päästöistä 50 vuoden elinkaaren keskiarvona. Päästöt sisältävät materiaalintuotannon, rakentamisen, korjaamisen, purkamisen ja kierrättämisen päästöt.

Rakennuksen neliökohtaiset päästöt ovat suurin piirtein samat 4 ja 8 kerroksisissa rakennuksissa. 16 kerroksisen rakennuksen neliökohtaiset päästöt kasvoivat betonirunkoisessa rakennuksessa 6 % ja puurunkoisessa rakennuksessa 5 % verrattuna 4 ja 8 kerroksisiin rakennuksiin. 32 kerroksisessa rakennuksessa päästöt kasvoivat neliötä kohden 12 % betonirunkoisessa rakennuksessa ja 8 % puurunkoisessa.

Arvioinnissa runkomateriaalien päästöt on laskettu oletettujen materiaalien mukaan. Mitä korkeampi rakennus on, sitä vaikeampi on käyttää vähähiilisiä materiaaleja, jolloin rakennuksen korkeuden kasvaessa päästöjä voi syntyä tässä esitettyä enemmän.

Kerrosluvu	Betonirunko hiilijalanjälki kg CO ₂ e/k-m ²	Lisäkerrosten aiheuttama muutos suhteessa 4 krs. rakennukseen, betonirunko	Puurunko, hiilijalanjälki kg CO ₂ e/k-m ²	Lisäkerrosten aiheuttama muutos suhteessa 4 krs. rakennukseen, puurunko	Puurungon aiheuttama muutos verrattuna betonirunkoiseen rakennukseen (pohjautuu yleistyksen)
4 krs	14,5	0 %	12,1	0 %	-17 %
8 krs	14,5	0 %	12,1	0 %	-17 %
16 krs	15,4	6 %	12,9	7 %	-16 %
32 krs	16,2	12 %	13,5	12 %	-17 %

Taulukko 2.12 Asuinkerrostalon korkeuden vaikutus rakentamisen kasvihuonekaasupäästöihin betonirunkoisen ja puurunkoisen asuinkerrostalon kohdalla. Tarkastelussa rakennuksen pohjapinta-alana käytetty 400 m².

Kerrosluvu	Betonirunko, hiilikädenjälki kg CO ₂ e/k-m ²	Lisäkerrosten aiheuttama muutos suhteessa 4 krs. rakennukseen, betonirunko	Puurunko, hiilikädenjälki kg CO ₂ e/k-m ²	Lisäkerrosten aiheuttama muutos suhteessa 4 krs. rakennukseen, puurunko	Puurungon aiheuttama muutos verrattuna betonirunkoiseen rakennukseen (pohjautuu yleistyksen)
4 krs	1,7	0 %	9,3	-23 %	445 %
8 krs	1,7	0 %	9,3	-23 %	445 %
16 krs	1,8	6 %	9,9	-18 %	449 %
32 krs	1,9	12 %	10,4	-14 %	447 %

Taulukko 2.13 Asuinkerrostalon korkeuden vaikutus rakentamisen hiilikädenjälkeen betonirunkoisen ja puurunkoisen asuinkerrostalon kohdalla. Tarkastelussa rakennuksen pohjapinta-alana käytetty 400 m².

2.4.6 Vähähiilinen peruskorjaus

Merkittävyys ilmas- tonmuutoksen hil- linnässä (1–5)	Investointi-kus- tannus (1–3)	Käyttökustannus (-2–2)	Kustannusten kohdistuminen	Takaisin-maksu- aika (1–3)
1	2	0	Kaupunki ja yksityi- set toimijat	-

Jos rakennuksen peruskorjauksessa puretaan kaikki paitsi runko, voidaan materiaaliva-
linnoilla saada peruskorjauksen rakentamisvaiheen kasvihuonekaasupäästöissä aikaan
suuruusluokaltaan noin kolmanneksen päästövähennys. Päästövähennys on hyvin
riippuvainen kohteessa käytettävistä materiaaleista. Peruskorjauksen voidaan arvioida
vähentävän rakennuksen energiankulutusta ja näin pienentävän rakennuksen käyttö-
kustannuksia ja näin takaisinmaksuaika voi olla suhteellisen nopeakin. Kustannusvai-
kutusten arvioiminen on hyvin vaikeaa, sillä ne riippuvat pitkälti kohteesta.

2.4.7 Vähäpäästoiset työkoneet ja päästötön työmaa

Työmailla käytetään pääasiassa fossiilisilla polttoaineilla toimivia työkoneita. Näille alkaa kuitenkin olla yhä enemmän vaihtoehtoja markkinoilla. Lisäksi työmaan sähkö voidaan vaihtaa vihreään sähkөөn, joka vähentää työmaan päästöjä.

Merkittävyys ilmastonmuutoksen hillinnässä (1–5)	Investointikustannus (1–3)	Käyttökustannus (-2–2)	Kustannusten kohdistuminen	Takaisinmaksuaika (1–3)
1	1	0	Kaupunki ja yksityiset toimijat	-

Mikäli työmailta edellytetään vihreän sähkön käyttöä, laskee se työmaan sähkön päästöt lähes nolnaan. Yhdessä vihreän sähkön kanssa vähäpäästöisiä tai päästöttömiä työkoneita edellyttämällä voidaan laskea työmaan kokonaispäästöjä jopa 80 %. Päästöarvio on Sitowisen asiantuntijoiden tekemä arvio ja se voi vaihdella työmaittain. Toimenpiteen merkittävyyttä huomioidessa on huomattava, että työmaiden päästöt ovat yleensä vain muutaman prosentin luokkaa kaupungin kokonaispäästöistä.

2.5 Esirakentaminen ja yleiset alueet

Esirakentamisen ja yleisten alueiden osalta on arvioitu infrarakentamisen vähähiilisiin ratkaisuihin sekä uusiomateriaalien käyttöön liittyviä toimenpiteitä. Näistä infrarakentamisen vähähiiliset ratkaisut nähtiin merkittävämpänä. Vaikka toimenpiteet edellyttävät suhteellisen merkittäviä investointeja, on niillä mahdollista saada hyvinkin suuria päästövähennyksiä aikaan, sillä erityisesti huonojen perustamisolosuhteiden tilanteissa esirakentamisen päästöt saattavat kohota korkeiksi.

Esirakentamisen ja yleisten alueiden osuus tyypillisen kaupunkikehityshankkeen elinkaaren kokonaispäästöistä on suurehko (katso luku 2.1). Seuraavan taulukon arviot pohjaavat arviointiin Esirakentaminen ja yleiset alueet -osion sisällä – ei suhteessa muihin osioihin.

	Merkittävyys ilmastonmuutoksen hillinnässä (1–5)	Investointi- kustannus (1–3)	Käyttökustannus (-2–2)	Kustannusten kohdistumi- nen	Takaisin- maksuaika (1–3)
Vähähiiliset ratkaisut infrarakentamisessa	4	3	0	Kaupunki ja yksityiset toimijat	-
Uusiomateriaali täytöissä	2	2	0	Kaupunki ja yksityiset toimijat	0

Taulukko 2.14 Esirakentamista ja yleisiä alueita koskevat arvioidut toimenpiteet. Selitykset merkittävyyden, investointien, käyttökustannuksien ja takaisinmaksuaikojen arvioinnille löytyvät luvun 2 alusta.

2.5.1 Vähähiiliset ratkaisut esi- ja infrarakentamisessa

Infrarakentamisen päästöt riippuvat merkittävästi rakennettavan alueen pohjaolosuhteista. Pintakerrosten päästöt edustavat vain murto-osaa kokonaispäästöstä, mikäli alue vaatii esimerkiksi pilaristabilointia.

Merkittävyys ilmastonmuutoksen hillinnässä (1–5)	Investointikustannus (1–3)	Käyttökustannus (-2–2)	Kustannusten kohdistuminen	Takaisinmaksuaika (1–3)
4	3	0	Kaupunki ja yksityiset toimijat	-

Esirakentamisen päästöjä voidaan vähentää valitsemalla paremmat perustamisolosuhteet omaavia sijainteja rakentamiselle, mutta myös käyttämällä vähähiilisempiä menetelmiä. Esimerkiksi pilaristabiloinnin osalta voidaan tavallisen KC50-pilaristabiloinnin sijaan valita vähäpäästöisempi GTC-sideaine, ja näin vähentää jopa 75 % stabiloinnista aiheutuvia päästöjä ja saattaa aiheuttaa myös kustannussäästöjä.

Pintarakenteissa kannattaa suosia uusiomateriaaleja. Esimerkiksi poistettua asfalttia voidaan hyödyntää myös paikallisesti, kun katualueita uudistetaan. Neitseellisiä materiaaleja käytettäessä kotimaisuus on yleensä merkki pienemmistä päästöistä. Esimerkiksi Kiinasta tuodun kiven päästöt voivat olla 80 % suomalaista suuremmat (Krogerus & Kähkönen, 2020).

Puistojen ja maaperän päästöjä ja hiilinieluja käsitellään luvussa 2.6.2.

2.5.2 Uusiomateriaali täytöissä

Infrarakentamisen päästöistä merkittävä osa syntyy materiaalien tuotannosta ja kuljetuksesta. Läheltä tulevilla uusiomateriaaleilla voidaan siis vähentää merkittävästikin infrarakentamisen päästöjä.

Merkittävyys ilmastonmuutoksen hillinnässä (1–5)	Investointikustannus (1–3)	Käyttökustannus (-2–2)	Kustannusten kohdistuminen	Takaisinmaksuaika (1–3)
2	2	0	Kaupunki ja yksityiset toimijat	-

Uusiomateriaalia käyttämällä infrarakentamisen päästöjä voidaan vähentää jonkin verran. Samalla on kuitenkin huomattava, että infrarakentamisen päästöt syntyvät suurelta osin kuljetuksista, joten olennaista on myös uusiomateriaalin lähteen sijainti, jotta kuljetusmatkat voidaan minimoida.

Täytöissä käytettävän uusiomateriaalin potentiaalia hiilidioksidipäästöjen pienentämiseen on arvioitu käyttäen täyttömateriaalin keskimääräisenä tuotantopäästönä 12 kg CO₂e/m³ ja kuljetuksen päästönä 0,46 kg CO₂e/km/m³. Alla olevasta taulukosta nähdään, että kun täyttöjen kuljetusetäisyys lähenee 30 kilometriä, syntyy materiaalin kuljetuksesta saman verran päästöjä kuin kierrätysmateriaalia käyttämällä säästetään.

Täytön määrä	Päästövähennelmä uusiomateriaalin myötä	Kuljetuksen päästöt etäisyyden mukaan 5 km	10 km	20 km	30 km	40 km	50 km
200 m ³	2400	460	920	1840	2760	3680	4600
500 m ³	6000	1150	2300	4600	6900	9200	11500
1000 m ³	12000	2300	4600	9200	13800	18400	23000

Taulukko 2.15 Uusiomateriaalin käytöstä syntyvä hiilidioksidipäästösäästö kolmella eri täyttömäärällä sekä kuljetuksesta aiheutuvat päästöt. Luvut kg CO₂e/m³.

2.6 Maaperän ja kasvillisuuden hiilivarastot

Maaperään ja kasvillisuuteen liittyvien toimenpiteiden osalta arvioitiin olemassa olevan kasvillisuuden säilyttämistä, kaupunkivihreän lisäämistä sekä viherkattojen rakentamista. Kaksi viimeisintä näistä ei hiilensidonnan kannalta ole kovin nopeita toimenpiteitä, sillä rakentamisesta johtuvien päästöjen lisäksi ne toimivat usein päästölähteinä alkuaikoinaan. Olemassa olevan kasvillisuuden säästäminen onkin näin ollen hyvin merkittävä toimi maaperän ja kasvillisuuden hiilinielun- ja varaston ylläpitämiseksi ja kasvattamiseksi.

Kasvillisuuden lisääminen kaupunkiympäristössä auttaa sopeutumaan ilmastonmuutokseen vähentämällä hulevesien, helteiden ja lämpösaarekeilmiön aiheuttamaa haittaa sekä voi tukea kaupunkiluonnon monimuotoisuutta ja tehdä kaupunkiympäristöstä viihtyisämpää asukkaille.

Maaperän ja kasvillisuuden hiilivarastojen osuus tyypillisen kaupunkikehityshankkeen elinkaaren kokonaispäästöistä on pieni (katso luku 2.1). Seuraavan taulukon arviot pohjaavat arviointiin Maaperän ja kasvillisuuden hiilivarastot -osion sisällä – ei suhteessa muihin osioihin.

	Merkittävyys ilmastonmuutoksen hillinnässä (1–5)	Investointi- kustannus (1–3)	Käyttökustannus (-2–2)	Kustannusten kohdistuminen	Takaisin- maksuaika (1–3)
Olemassa olevan kasvillisuuden säästäminen	5	0	0	Ei kohdistu kustannuksia	-
Kaupunkivihreän lisääminen	3	2	1	Kaupunki ja yksityiset toimijat	-
Viherkatot	2	3	1	Kaupunki ja yksityiset toimijat	-

Taulukko 2.16 Maaperän ja kasvillisuuden hiilivarastoja koskevat arvioidut toimenpiteet. Selitykset merkittävyyden, investointien, käyttökustannuksien ja takaisinmaksuaikojen arvioinnille löytyvät luvun 2 alusta.

2.6.1 Olemassa olevan kasvillisuuden säästäminen

Olemassa olevan kasvillisuuden säästämällä on merkittävin vaikutus maaperän ja kasvillisuuden päästöihin, sillä tällöin niihin varastoitunut hiili ei vapaudu, vaan säilyy varastoituneena maaperässä ja kasveissa. Lisäksi ne sitovat lisää hiiltä ilmakehästä.

Merkittävyys ilmastomuutoksen hillinnässä (1–5)	Investointikustannus (1–3)	Käyttökustannus (-2–2)	Kustannusten kohdistuminen	Takaisinmaksuaika (1–3)
5	0	0	Ei kohdistu kustannuksia	-

Olemassa olevan kasvillisuuden säilyttäminen on merkittävin toimenpide arvioitujen kasvillisuuden ja maaperän ilmastovaikutusten osalta. Olemassa olevaan kasvillisuuteen ja maaperään on sitoutunut merkittävästi hiiltä, jolloin sen hävittäminen vapauttaa paljon hiiltä ilmakehään ja pienentää olemassa olevia hiilinieluja ja varastoja. Biomassaltaan suuremman kasvillisuuden, kuten puiden, säilyttäminen on kaikista merkittävintä. Olemassa oleva kasvillisuus on myös suurempaa ja pidemmälle kehittyneempää kuin uusi kasvillisuus, jolloin sen kyky auttaa ilmastomuutokseen sopeutumisessa niin hulevesiä imemällä kuin lämpötiloja viilentämällä on merkittävämpi kuin uudella kasvillisuudella. Myös luonnon monimuotoisuuden kannalta vanhan kasvillisuuden säilyttäminen ja maanmuokkauksen minimointi on tärkeää.

2.6.2 Kaupunkivihreän lisääminen

Merkittävyys ilmastomuutoksen hillinnässä (1–5)	Investointikustannus (1–3)	Käyttökustannus (-2–2)	Kustannusten kohdistuminen	Takaisinmaksuaika (1–3)
3	2	1	Kaupunki ja yksityiset toimijat	-

Kasvillisuuden lisääminen kaupunkiympäristössä mahdollistaa hiilen sidonnan pitkällä aikavälillä niin kasvillisuuteen kuin sen alla olevaan maaperään. Vaikutus kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen lyhyellä aikavälillä on kuitenkin pieni tai jopa negatiivinen riippuen viheralueen laadusta, sillä viheralueen rakentamisesta syntyy myös päästöjä ja maaperästä vapautuu hiiltä. Esimerkiksi katupuu muuttuu hiilinieluksi vasta 12–14 vuoden kuluttua istuttamisesta (Havu et al., 2022), minkä vuoksi olemassa olevan kasvillisuuden säilyttäminen on tärkeää niin hiilinielujen kasvamisen kuin kaupunkiluonnon monimuotoisuudenkin kannalta.

Kaupunkipuisto sitoo 50 vuoden aikajänteellä keskimäärin 38,5 kg CO₂e/m² kasvillisuuteen sekä 27,5 kg CO₂e/m² maaperään. Voidaan olettaa, että taskupuistojen kohdalla samat luvut pitävät paikkansa. Tiheillä puustoisilla alueilla hiilinielu on suurin, 20 % suurempi kuin harvaan istutetuilla puustoisilla alueilla ja 62 % suurempi kuin pienten puulajien alueilla. Nurmikko puiden alla sitoo hiiltä 7,5 % paremmin kuin niitty, mutta niitty sisältää monimuotoisempaa lajistoa. Myös puulajin valinnalla on merkitystä hiilensidonnan kannalta. Kuusi ja lehmus sitovat hiiltä enemmän kuin mänty. (Järvi et al., 2023).

Kasvillisuuden lisääminen on ilmastoviisaan suunnittelun kannalta erityisen merkittävää ilmastomuutokseen sopeutumisen kannalta, sillä se mahdollistaa hulevesien paremman hallinnan ja näin vähentää tulvien aiheuttamia haittoja. Lisäksi kasvillisuus viilentää rakennettua ympäristöä, mikä auttaa sopeutumaan ilmastomuutoksen myötä paheneviin ja lämmönvaihteluille herkille ihmisryhmille, kuten ikääntyville, jopa hengenvaarallisiin helteisiin.

Kasvillisuuden määrällä, erityisesti mikäli se on suunniteltu monimuotoiseksi ja Suomen ympäristöön sopivaksi, on merkitystä myös kaupunkiluonnon

monimuotoisuuteen, koska sen tarjoaa elinympäristöjä erilaisille lajeille. Lisäksi kasvilisuus koetaan viihtyisyyttä lisäävänä ja tekee näin alueesta houkuttelevamman niin asukkaille kuin siellä vierailevillekin ihmisille.

2.6.3 Viherkatot

Merkittävyys ilmastonmuutoksen hillinnässä (1–5)	Investointikustannus (1–3)	Käyttökustannus (-2–2)	Kustannusten kohdistuminen	Takaisinmaksuaika (1–3)
2	3	1	Kaupunki ja yksityiset toimijat	-

Viherkatto edellyttää tavallista kattorakennetta monimutkaisempien rakenteiden rakentamista ja ohuella kasvualustalla viherkaton vaikutus ilmastolle voi näin ollen olla jopa negatiivinen. Viherkaton kokonaisvaikutus muuttuu ilmaston kannalta positiivisesti helposti vasta useiden vuosikymmenten kuluttua, jolloin vihrekaton käyttöikä on todennäköisesti tullut jo vastaan. Viherkaton hiilensidontakykyä voidaan parantaa esimerkiksi lisäämällä kasvualustaan biohiiltä mahdollisesti jopa 2–6 kertaiseksi, mutta osan tutkimuksista mukaan esimerkiksi nurmikon kasvualustassa muutosta ei välttämättä olennaisesti synny, mikäli leikattu nurmikko kerätään pois (Mäki-Hollanti, 2023; Järvi et al., 2023). Hyvin valittu kasvillisuus syvällä kasvualustalla vaikuttaa positiivisemmin, mutta rakennuksen kokonaispäästöihin verrattuna vaikutus on hyvin pieni.

Viherkatolla on kuitenkin samankaltaisia muita ilmastoviisautta parantavia ominaisuuksia kuin kasvillisuuden lisäämiselläkin. Se auttaa hulevesien hallinnassa, kasvillisuudesta riippuen voi viilentää lämpötiloja ja tukea luonnon monimuotoisuutta sekä tehdä ympäristöstä viihtyisämpää.

3 Johtopäätökset

Merkittävimmät päästölähteet liittyvät energiankulutukseen, rakentamisen päästöihin ja liikenteeseen. Rakentamisen päästöissä myös esirakentaminen saattaa muodostaa suuren osan riippuen maaperän laadusta. Näin ollen myös näillä sektoreilla tehtävillä toimilla on merkittävimmät päästövähennyspotentiaalit. Energian päästöjen ennustetaan pienenevän teknologian kehittyessä merkittävästi, minkä vuoksi rakentamisen ja liikenteen päästöihin liittyvien toimenpiteiden aktiivisen toteuttamisen painoarvo kasvaa entisestään.

Energiankulutuksen osalta merkittävin toimi on olemassa olevien rakennusten energiatehokkuuden parantaminen, sillä olemassa olevaa rakennuskantaa on valmiiksi paljon. Myös uudisrakentamisen energiatehokkuuden parantamisella voidaan saada suhteellisesti suuria säästöjä uusien rakennusten energiankulutukseen. Rakennusten lämmityksen hoitaminen lämpöpumpulla vähentää merkittävästi rakennuksen energiankulutuksesta seuraavaa hiilijalanjälkeä.

Energian päästöjä vähentävillä toimenpiteillä voi olla merkittäviä taloudellisia säästövaikutuksia esimerkiksi energiankulutuksen vähenemisen seurauksena tai uusiutuvan energian tuotannon vähentäessä tarvittavaa ostoenergiaa. Näin moni energiaa koskevista toimenpiteistä edellyttävät investoinnit maksavat itsensä takaisin suhteellisen nopeasti.

Liikenteen päästöjen vähentämiseksi tehokkaimmiksi toimenpiteiksi nähtiin lyhyen aikavälin toimista ympäristövyöhykkeen asettaminen ja pidemmän aikavälin merkittävydessä kestävän kaupunkirakenteen edistäminen sekä pysäköintipaikkojen vähimmäisvaatimusten väljentäminen. Myös joukkoliikenteen palvelutason parantaminen, pysäköintimaksujen käyttöönotto ja korottaminen, sekä pysäköinnin eriyttäminen pysäköintilaitoksiin nähtiin vaikuttavina toimenpiteinä päästöjen vähentämiseksi.

Monilla liikenteen päästövähennystoimilla on myös muita positiivisia vaikutuksia kaupunkiympäristöön. Liikenteen melun väheneminen, ilmanlaadun paraneminen ja liikenteen rauhoittaminen parantaa kaupunkiympäristön viihtyisyyttä ja turvallisuutta jalan ja pyörällä kulkevien näkökulmasta, mikä kannustaa aktiivisten kulkumuotojen valintaan. Arkiliikunnan lisääntymisellä on merkittäviä positiivisia vaikutuksia kansanterveyteen.

Liikenteen toimenpiteiden laaja toteuttaminen koskien niin päästöintensiivisten kulkumuotojen vähentämisen kuin myös kestävien kulkumuotojen lisäämisen osalta ohjaa laajasti liikennejärjestelmää kohti suurempaa systeemitason muutosta, jolloin toimenpiteiden yhteisvaikutus voi olla vielä merkittävämpi, kuin yksittäisille toimenpiteille kuvatut vaikutukset.

Rakennusten ja tonttien rakentamista koskevista toimenpiteistä tehokkaimmiksi nähtiin puurakentamisen edellyttäminen ja hiilijalanjäljen raja-arvon asettaminen. Myös rakennusten säilyttäminen tilanteessa, missä uudelleenkäytöllä voidaan korvata uudisrakentamista sekä pysäköintiratkaisujen vaikutukset nähtiin merkittävänä ilmastovaiikutusten kannalta.

Esirakentamisen ja yleisten alueiden osalta infrarakentamisen vähähiiliset ratkaisut nähtiin merkittävämpänä toimenpiteenä. Vaikka toimenpiteet edellyttävät suhteellisen merkittäviä investointeja, on niillä mahdollista saada hyvinkin suuria päästövähennyksiä aikaan, sillä erityisesti huonojen perustamisolosuhteiden tilanteissa esirakentamisen päästöt saattavat kohota korkeiksi.

Maaperään ja kasvillisuuteen liittyvien toimenpiteiden osalta arvioitiin kaupunkivihreän lisäämistä sekä viherkattojen rakentamista. Kumpikaan näistä ei hiilensidonnan kannalta ole kovin nopeita toimenpiteitä, sillä rakentamisesta johtuvien päästöjen lisäksi ne toimivat usein päästölähteinä alkuaikoinaan. Olemassa olevan kasvillisuuden säästäminen onkin näin ollen hyvin merkittävä tavoite maaperän ja kasvillisuuden hiilinielun ylläpitämiseksi ja kasvattamiseksi.

Tästä huolimatta kasvillisuuden lisääminen niin kaupunkiympäristössä muutoin kuin viherkattojenkin avulla auttaa sopeutumaan ilmastomuutokseen vähentämällä hulevesien, helteiden ja lämpösaarekilmiön aiheuttamaa haittaa sekä voi tukea kaupunkiluonnon monimuotisuutta ja tehdä kaupunkiympäristöstä viihtyisämpää asukkaille.

Työssä toteutettiin myös kokonaismerkittävyyden vertailu, missä on vertailtu sektoreiden sisäistä merkittävyyttä ja sektoreiden välistä merkittävyyttä ja näin saatu muodostettua kymmenen vaikuttavimman toimenpiteen lista, joille on tehty vielä tarkempaa tarkastelua vaikutusten osalta.

	Teema	Toimenpide	Vaikutus hiilijalanjälkeen suhteessa perustapaukseen	Investointikustannuksen muutos suhteessa perustapaukseen	Käyttökustannusten muutos suhteessa perustapaukseen
1	Rakennusten ja tonttien rakentaminen	Rakennusten säilyttäminen purkamisen sijaan	-50 %	Hyvin tapauskohtaista	Ei vaikutusta. Laaja perusparannus parantaa rakennuksen energiatehokkuuden uudisrakennusta vastaavalle tasolle.
2	Rakennusten ja tonttien rakentaminen	Puurakentamisen vaatimuksen vaikutus rakennuksen päästöihin	-17 % hiilijalanjälki yhteisvaikutus puutuotteiden hiilivarasto huomioiden noin -80 %	-10-15 %	Ei vaikutusta
3	Rakennusten ja tonttien rakentaminen	Hiilijalanjäljen raja-arvon asettaminen uudisrakentamiselle	-0-15 %	2-3 % (Maltillisen raja-arvon asettaminen)	Hiilijalanjäljen raja-arvon vaikutuksen kohdistuessa energiatehokkuutta koskeviin toimenpiteisiin voi se laskea rakennuksen käyttökustannuksia.
4	Rakennusten ja tonttien rakentaminen	Rakennuksen korkeuden vaikutus päästöihin	-0-12 %	-0-12 %	Ei vaikutusta
5	Esirakentaminen ja yleiset alueet	Vähähiiliset ratkaisut esi- ja infrarakentamisessa	-10-75 %	Voi olla myös säästö	Ei vaikutusta
6	Liikenne	Ympäristövyöhykkeen asettaminen autoliikenteelle	-15-50 %	Tuhansia euroja	Ei vaikutusta
7	Liikenne	Kestävä kaupunkirakenne	-50 %	Vaikea arvioida, työmaan viemä tila voi olla hankalampi järjestää, toisaalta olemassa oleva infra vähentää tarvittavia investointeja.	Infran ylläpito helpompaa ja halvempaa
8	Liikenne	Pysäköintinormin väljentäminen	-0-30 %	-100-0 % (pysäköintipaikkojen pienempi vaatimus laskee investointikustannuksia)	-100-0 % (pysäköintipaikkojen pienempi vaatimus laskee investointikustannuksia)
9	Energia	Olemassa olevien rakennusten energiatehokkuuden parantaminen	-30-60 %	Kasvattaa merkittävästi investointikustannusta suhteessa kevyeen perusparannukseen	Pienentää merkittävästi käyttökustannusta energiatehokkuuden parantuessa suhteessa kevyeen perusparannukseen
10	Rakennusten ja tonttien rakentaminen	Vähähiilinen peruskorjaus	-30-50 %	-30-50 %	Ei vaikutuksia

Taulukko 3.1 Tehokkaimpien toimenpiteiden listaus sisällyttäen kaikki sektorit sekä näiden vaikutusten tarkempi tarkastelu.

Kokonaistarkastelussa rakennusten säilyttäminen ja puurakentamisen edellyttäminen sekä hiilijalanjäljen raja-arvon asettaminen nousevat selvästi merkittävimmiksi

toimenpiteiksi. Rakennusten säilyttäminen vähentää tarvetta uuden suuripäästöisen materiaalin käyttöön, jolloin päästöjä säästyy merkittävästi. Myös puurakentamisella on vastaavaa vaikutusta, mutta puurakentamisen kohdalla merkittävä laskennallinen hyöty syntyy suurelta osin rakennuksen hiilivaraston kasvamiseen. Hiilijalanjäljen raja-arvon asettamisen merkittävyys riippuu pitkälti raja-arvon tasosta. Tässä tarkastelussa hiilijalanjäljen raja-arvon vaikutusta on tarkasteltu rakennusten ja tonttien rakentamisen päästöjen näkökulmasta. Kun tarkastellaan rakennusten ja tonttien rakentamista, on vaikutus suurempi, mitä enemmän päästövähennys kohdistuu rakennuksen rakentamisvaiheen päästöihin. Jos raja-arvon edellyttämä päästövähennys tehdään esimerkiksi energian päästöjä painottaen, pienenee raja-arvon vaikutus rakennusten ja tonttien päästöihin, minkä vuoksi taulukossa on esitetty vaihteluväli. Kestävän kaupunkirakenteen vaikutusta on vaikea arvioida, sillä vaikutus on hyvin moninainen ja myös tapauskohtainen. Tässä tarkastelussa vaikutusta on arvioitu kevyesti vain asemakaavatasoisen liikenteen päästöarvion näkökulmasta.

Rakennusten ja tonttien rakentaminen vastaavat tyypillisesti hyvin merkittävää osaa hankkeen päästöistä, ja siksi merkittävimpien toimenpiteiden listassa on lukuisia toimenpiteitä, jotka liittyvät juuri rakentamisen aikaisiin päästöihin.

Kiinnostava uusi työkalu kaupunkikohtaisten päästöjen pilkkomiseen ja näin kaupunkisuunnittelun paikallisten päästöjen ohjaamiseen voisi olla alueellisen hiilijalanjälkikaton määrittely sekä asettaminen, joka auttaisi hahmottamaan tarvittavien toimenpiteiden määrää ja rajoittaisi ilmastolle haitallisten hankkeiden syntymistä tietyn aluekokonaisuuden, kuten Järvenpään keskustan, alueella. Alueellisen hiilijalanjälkikaton myötä voitaisiin päästövähennystoimien etenemistä tarkastella tarkemmin myös kaupungin eri osien välillä sekä kohdistaa toimenpiteitä alueellisesti sinne, missä niillä nähtäisiin paitsi olevan eniten potentiaalia päästövähennysten näkökulmasta, myös ottaa tarkemmin huomioon niiden alueellinen toteutettavuus.

4 Lähteet

Astala, N. (2022). Katujen muuttaminen kävelykaduiksi - Vaikutukset kivijalkakauppojen näkökulmasta. Aalto-yliopisto.

Christiansen, P., Fearnley, N., Usterud Hanssen, J., Skollerud, K. (2017). Household parking facilities: relationship to travel behaviour and car ownership. *Transportation Research Procedia*. Vol. 25, pp. 4185–4195.

FIGBC & A-Insinöörit. (2023). Hiilineutraalin rakennetun alueen määritelmä. Saatavilla: <https://figbc.fi/media/figbc-hiilineutraalin-alueen-maaritelma-2023.pdf>

Guo, Z., (2013a). Does residential parking supply affect household car ownership? The case of New York City. *Journal of Transport Geography* 26, 18–28

Guo, Z., (2013b). Home parking convenience. Household car usage, and implications to residential parking policies. *Transport Policy* 29, 97–106

Guo, Z., (2013c). Residential Street Parking and Car Ownership. *Journal of the American Planning Association*, 79:1, 32–48

Havu, M., Kulmala, L., Kolari, P., Vesala, T., Riikonen, A., Järvi, L. (2022). Carbon sequestration potential of street tree plantings in Helsinki. *Biogeosciences*, 19, 2121–2143.

Helsingin kaupunki. (2023). Etelä- ja Pohjoisesplanadin katujärjestelykokeilun tulokset ja jatkonäkymät. Kaupunkiympäristölautakunta 38/2023 05.12.2023, pöytäkirja, asia 10. HEL 2023-012865.

Helsingin kaupunki. (2021). Helsingin asemakaavojen vähähiilisyiden arviointimenetelmä (HAVA)

Helsingin kaupunki. (2022). Pysäköintipolitiikka 2022. Helsingin kaupunki.

Helsingin kaupunki. (2019). Selvitys Helsingin ympäristövyöhykkeen laajentamisen mahdollisuuksista. Kaupunkiympäristön aineistoja 2019:12

Järvi, L., Kulmala, L., Havu, M. (2023). et al.: Hiedanrannan hiilinielut ja hiilinielujen lisäämisen keinot.

Kantala, T., Haapamäki, T., Väänänen, T. (2024). Selvitys liikenteen kasvihuonekaasupäästöihin vaikuttavista ympäristövyöhykkeistä. Helsingin kaupunki. Kaupunkiympäristön aineistoja 2024:5.

Krogerus, M. & Kähkönen, S. (2020). Suomen katuja rakennetaan kiinalaisesta kivistä, vaikka kotimaisen kiven hiilijalanjälki on 80 prosenttia pienempi. Yle.

Manninen, M., Jutila, H., Rajala, P. (2022). "Honkain keskellä mökkini seisoo?" Asumisen maankäyttötarpeisiin liittyviä tarkasteluita. Uudenmaan liitto.

Manville, M., & Pinski, M. (2020). Parking behaviour: Bundled parking and travel behavior in American cities. *Land Use Policy*, 91, 104053.

Melliger et al. (2018). Anxiety vs reality – Sufficiency of battery electric vehicle range in Switzerland and Finland. *Transportation Research Part D*. Vol 65, pp. 101–115

Mäki-Hollanti, J. (2023). Viherkatot, viherkannet ja viherkerroin ekologisen jälleenrakennuksen välineinä 2000-luvun Helsingin maisema-arkkitehtuurissa. Aalto-yliopisto.

Nello-Deakin, S. (2022). Exploring traffic evaporation: Findings from tactical urbanism interventions in Barcelona. *Case Studies on Transport Policy*, 10, 2430–2442.

Norppa, M. (2020). Helsingin kävelyn edistämishjelma: tutkimuskatsaus.

Pihlatie et al. (2019). Sähkö- ja kaasuautojen kustannustehokkaat edistämiskeinot - GA-SELLI loppuraportti. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja, 3/2019.

Rakli, 2021. Selvitys kaavamääräysten kustannusvaikutuksista. Rakli, Kiinteistöliitto.

Ramboll. (2024). CO2mpare. Saatavilla: <https://www.ramboll.com/co2mpare>

Rantala, T., Luukkonen, T., Karhula, K., Vaismaa, K., Mäntynen, J., & Metsäpuro, P. (2014). Kävelystä elinvoimaa. Tampereen teknillinen yliopisto. Liikenteen tutkimuskeskus Verne.

Sitowise. (2024). Planect – Ohjelmiston kuvaus, versio 1.0, 14.5.2024. Saatavilla: <https://sitowise.com/planect>

TfL, 2012. Residential Parking Provision in New Developments: Travel in London Research Report. Transport for London.

Weinberg R., 2012. Death by a thousand curb-cuts: Evidence on the effect of minimum parking requirements on the choice to drive. *Transport Policy* 20, s. 93–102

Zhan, G. (2013) Residential Street Parking and Car Ownership: A Study of Households With Off-Street Parking in the New York City Region, *Journal of the American Planning Association*, 79(1), 32-48. Referred to in Marsden, 2014.