

Keilaranta 220836 asemakaavahankkeen ilmastovaikutusten arviointi

Keilaranta 3, Keilaranta 5–7 ja Keilaniemi-Valovirta

Päiväys

14.9.2023

Laatijat

**Iida-Elina Kiminki
Eero Puurunen
Lauri Aantaa**

Projektinumero

YKK67188

14.9.2023

Sisällysluettelo

1	Tiivistelmä	3
1.1	Ilmastonmuutoksen hillintä	3
1.2	Ilmastonmuutokseen sopeutuminen	6
2	Johdanto	8
3	Suunnittelualue	9
3.1	Keilaranta 3	10
3.2	Keilaranta 5–7	11
3.3	Valovirta	12
3.4	Yleiset alueet	12
4	Arvioinnin rajausta ja tarkkuustaso	13
4.1	Vaikutukset ilmastopäästöihin ja ilmastonmuutoksen hillintään	13
4.2	Vaikutukset ilmastonmuutokseen sopeutumiseen	14
5	Vaikutukset ilmastopäästöihin ja ilmastonmuutoksen hillintään	15
5.1	Päästölaskenta	15
5.1.1	Esirakentaminen	15
5.1.2	Infra ja yleiset alueet	17
5.1.3	Rakennusten rakentaminen	19
5.1.4	Energiankulutus	23
5.1.5	Liikenne	26
5.2	Laskennan ulkopuolelle jäävät ilmastopäästöt ja tarkastelunäkökulmat	28
5.2.1	Maaperän ja kasvillisuuden hiilivarastot	28
5.3	Yhteenveto	29
5.3.1	Päästölaskennan tulokset	29
5.3.2	Suosituksia ilmastovaikutusten hillintään jatkosuunnittelussa	32
5.3.3	Laskelmiin liittyvät epävarmuudet	35
6	Vaikutukset ilmastonmuutokseen sopeutumiseen	36
7	Lähteet	38



14.9.2023

Keilaranta 220836 asemakaavahankkeen ilmastovaikutusten arviointi

1 Tiivistelmä

Kaavahankkeen ilmastovaikutukset on esitetty tiiviisti oheisissa taulukoissa. Esitetty arvio pohjautuu Espoon kaupungin luonnokseen ohjeesta kaavan ilmastovaikutusten arviointiin.

1.1 Ilmastonmuutoksen hillintä

Esirakentaminen	
Osuus elinkaaren kokonaispäästöistä	Vähäinen
Merkittävimmät ilmastopäästöjä aiheuttavat tekijät	Meritäyttö: mahdollinen neitseellinen täyttölouhe & louheen kuljetus
Merkittävimmät ilmastopäästöjä vähentävät lähtökohdat	Olemassa olevan kaupunki-infran hyödyntäminen, potentiaalinen ylijäämälouheen lähde alueella
Suosituksia vähähiilisistä ratkaisuista jatkosuunnitteluun	Alueella sijaitsevan kallioparkkihankkeen tai muun lähialueella syntyvän ylijäämälouheen hyödyntäminen meritäyttöihin
Yleiset alueet (rakentaminen ja materiaaliuusinnat)	
Osuus elinkaaren kokonaispäästöistä	Vähäinen
Merkittävimmät ilmastopäästöjä aiheuttavat tekijät	Uuden katu- ja viherrakentamisen rakennusmateriaalit
Merkittävimmät ilmastopäästöjä vähentävät lähtökohdat	Olemassa olevan infrastruktuurin hyödyntäminen
Suosituksia vähähiilisistä ratkaisuista jatkosuunnitteluun	Vähähiiliset rakennusmateriaalit. Uusiomateriaalien hyödyntäminen: mahdollisesti alueen sisältä saatavat purku- ja ylijäämämateriaalit.



14.9.2023

Rakennukset ja tontit (rakentaminen ja materiaaliuusinnat)	
Osuus elinkaaren kokonaispäästöistä	Erittäin suuri
Merkittävimmät ilmastopäästöjä aiheuttavat tekijät	Uudisrakennusten rakennusmateriaalit, korkean rakentamisen vaikutus per k-m ² päästöihin, korkean rakentamisen rajoitteet vähähiilisten materiaalien käytölle
Merkittävimmät ilmastopäästöjä vähentävät lähtökohdat	Puurakenteiseksi suunniteltu toimistorakennus. Hankkeessa tutkitaan vähähiilisiä runkoratkaisuja sekä purkumateriaalien hyödyntämistä.
Suosituksia vähähiilisistä ratkaisuista jatkosuunnitteluun	Puurakentaminen muissa kuin tornitaloissa, muiden vähähiilisten rakennusmateriaalien kuten vähähiilisen betonin hyödyntäminen korkeassa rakentamisessa
Energiankulutus	
Osuus elinkaaren kokonaispäästöistä	Kohtalainen
Merkittävimmät ilmastopäästöjä aiheuttavat tekijät	Sähkönkulutus (kaukolämpö oletettu lähes päästöttömäksi)
Merkittävimmät ilmastopäästöjä vähentävät lähtökohdat	Määräystasoa kunnianhimoisemmat energiatehokkuustavoitteet rakennuksille, tutkitaan mahdollisuuksia aurinkosähkön hyödyntämiseen. Olemassa olevien rakennusten energiatehokkuuden parantaminen.
Suosituksia vähähiilisistä ratkaisuista jatkosuunnitteluun	Tavoitteellinen energiatehokkuus, paikallinen aurinkoenergian tuotanto ja muiden uusiutuvan energian tuotantomahdollisuuksien tutkiminen. Rakennusautomaatio ja sähkön kysyntäjouaston mahdollistaminen.



14.9.2023

Liikenne	
Osuus elinkaaren kokonaispäästöistä	Kohtalainen
Merkittävimmät ilmastopäästöjä aiheuttavat tekijät	Polttomoottoriautoliikenteen määrä
Merkittävimmät ilmastopäästöjä vähentävät lähtökohdat	Erinomainen joukkoliikenteen palvelutaso ja saavutettavuus (Metro ja Raide-Jokeri), laadukkaat kävely-ympäristöt alueella, pääosin keskitetty pysäköinti
Suosituksia vähähiilistä ratkaisusta jatkosuunnitteluun	Riittävä sähköautojen latausinfra, erinomaiset edellytykset polkupyörien säilytykselle ja ylläpidolle
Maaperän ja kasvillisuuden hiilivarastot	
Osuus elinkaaren kokonaispäästöistä	Vähäinen
Merkittävimmät ilmastopäästöjä aiheuttavat tekijät	Ei merkittäviä vaikutuksia
Merkittävimmät ilmastopäästöjä vähentävät lähtökohdat	Alueelle syntyy uutta hiilivarastoa uusien puistoalueiden istuttamisen johdosta. Ilman erityisiä hiilensidontaan keskittyviä toimenpiteitä vaikutus on vähäinen suhteessa alueen päästöihin. Alkuvaiheessa uudet istutetut puut voivat olla jopa päästölähde (Havu ym. 2022).
Suosituksia vähähiilistä ratkaisusta jatkosuunnitteluun	Kasvualustojen hiilivarastojen vahvistaminen (mm. biohiili).



14.9.2023

1.2 Ilmastomuutokseen sopeutuminen

Tuulisuus, viistosateiden ja myrskyjen lisääntyminen	
Oletetut riskit	Tuulisuus tulee voimistumaan tulevaisuudessa etenkin syksyisin. Vakavien myrskyjen todennäköisyys kasvaa ilmastomuutoksen edetessä. Lisääntyvä sateisuus yhdistyneenä tuulisuuteen rasittaa rakenteita (viistosateet).
Riskin merkittävyys kaava-alueella	Korkea rakentaminen ja sijainti meren rannalla altistavat riskille.
Kaavavaiheessa huomiodut riskin hillinnän toimenpiteet	Kaava-alueen tuulisuusolosuhteita on tutkittu tuulimallinnusten avulla. Ulkoalueiden tuuliolosuhteita on pyritty parantamaan rakennusten sijoittelulla ja muotoilulla sekä katoksien, istutuksien ja pergolatyyppisten rakenteiden avulla.
Jatkosuunnittelussa tarkennettavat riskin hillinnän toimenpiteet	Tuulisuuden huomioiminen pyöräteiden suunnittelussa – esimerkiksi kasvillisuuden sijoittelussa. Myrskyjen huomioiminen ulkotilojen materiaalien ja varusteiden kiinnityksissä. Tuulisuuden ja viistosateiden huomioiminen rakennuserätyösuunnittelussa ja detaljoinnissa. Rantarakentamisen suunnittelu voimistuvaan aallokkoon sopeutuvaksi.
Tulvat	
Oletetut riskit	Lisääntyvä sateisuus ja rankkasateiden suurempi todennäköisyys kasvattavat hulevesitulvien riskiä. Merenpinnan nousu ja lisääntyvät myrskyt kasvattavat meritulvien riskiä.
Riskin merkittävyys kaava-alueella	Sijainti ranta-alueella altistaa meritulvan riskille. Lisääntyvä sateisuus koskee kaikkia Etelä-Suomen alueita.
Kaavavaiheessa huomiodut riskin hillinnän toimenpiteet	Kaava-alueelle on laadittu hulevesien hallintasuunnitelma, jossa huomioidaan kasvavat sademäärät. Alueen hulevesisuunnitelma sisältää rinnakkaisen tulvaviemärin ja maanpinnan muotoihin perustuvan tulvareitin. Tämä ratkaisu parantaa hulevesijärjestelmän resilienssiä. Meritulvariski on huomioitu rakentamisen korossa. Keilaniemenrannan ilmastokestävän rantavision (2020) mukaan ranta-alueen turvallinen rakentamiskorko on +3.55 (ylin tulvakorko +2.8 + aaltoiluvara 0.75 m).
Jatkosuunnittelussa tarkennettavat riskin hillinnän toimenpiteet	Hulevesijärjestelmän yksityiskohtien suunnittelussa tulee huomioida toiminnan varmuus huomioon ottaen muun muassa sateen tyyppien vaihtelu ja lisääntyvät sulamis-jäätymissyklit.



14.9.2023

Hellejaksot	
Oletetut riskit	Lisääntyvillä hellejaksoilla ja niiden lämpökuormituksella on terveydellisiä vaikutuksia vanhuksiin ja riskiryhmiin sekä vaikutuksia viihtyvyyteen.
Riskin merkittävyys kaava-alueella	Sijainti tiiviissä kaupunkirakenteessa altistaa riskille, mutta toisaalta meren läheisyys lieventää vaikutuksia.
Kaavavaiheessa huomioitujen riskien hillinnän toimenpiteet	Kaava-alueelle on laadittu yleisten alueiden suunnitelma, jossa alueelle esitetään runsasta varjostavaa ja haihduttavaa viherrakentamista. Suunnittelussa käytetään Espoon kaupungin ohjeen mukaista viherkerrointa. Katu- ja aukiutiloihin on suunniteltu helteeltä suojaavia pergolarakenteita. Myös rakennuksiin on suunniteltu viherkattoja ja -terasseja. Alueella sijaitsee monia tuulisia ulkotiloja, joita voi käyttää viilentymiseen ulkona oleillessa.
Jatkosuunnittelussa tarkennettavat riskien hillinnän toimenpiteet	Rakennussuunnittelussa tulee kiinnittää huomiota aurinkosuojaukseen, jotta rakennukset eivät ole liian riippuvaisia koneellisesti jäähdytyksestä. Suunnittelun lähtökohtana tulee huomioida pidentyvät ja voimistuvat hellejaksot ja lämpimän kauden pidentyminen.
Lisääntyvät -/+0-lämpötilat	
Oletetut riskit	Kasvavat liukastumisriskit talvisin, rakenteiden rapautuminen
Riskin merkittävyys kaava-alueella	Ei erityisiä altistavia tekijöitä
Kaavavaiheessa huomioitujen riskien hillinnän toimenpiteet	Ei huomioitu vielä kaavavaiheen suunnittelussa.
Jatkosuunnittelussa tarkennettavat riskien hillinnän toimenpiteet	+/-0 lämpötilavaihtelun huomioiminen materiaali-, huolto- ja rakenneratkaisuissa.



14.9.2023

2 Johdanto

Espoon kaupunki pyrkii hiilineutraaliuteen vuoteen 2030 mennessä. Valtaosa kaupungin ilmastopäästöistä aiheutuu nykytilanteessa liikenteestä ja energiankulutuksesta. Tämän vuoksi kaupungin ilmastotyön tärkeimmät painopisteet ovat kestävien kulkutapojen käytön lisäämisessä sekä hiilineutraaliin kaukolämmöntuotantoon siirtymisessä.

Toisaalta viime vuosina aluekehityksen ilmastovaikutuksia on alettu enenevässä määrin tarkastelemaan elinkaariperusteisesti, minkä myötä on huomattu rakennusvaiheen ilmastovaikutusten muodostavan merkittävän osan alueen elinkaaren aikaisista ilmastopäästöistä. Rakennusvaiheen päästöt eivät toistaiseksi sisälly kaupunkien hiilijalanjälkilaskentaan. Tästä huolimatta Espoon kaupunki on asettanut niiden hillintään liittyviä tavoitteita ilmastovahdissaan, joka määrittelee kaupungin ilmastotyössä seurattavia toimenpiteitä.

Tämä selvitys pohjautuu Espoon kaupungin ohjeisiin kaavoituksen tueksi tehtävistä ilmastovaikutusselvityksistä. Ohjeen mukaisesti kaavan vaikutusten arvioinnissa keskitytään tarkastelemaan kaavalla ohjattavia asioita, tutkimaan eri toimenpiteiden vaikuttavuutta sekä tuomaan suosituksia kaavamääräyksiksi ja jatkosuunnitteluohjeiksi.

Selvityksessä tarkastellaan sekä ilmastonmuutoksen hillintää että siihen sopeutumista alueen suunnittelussa. Arviointi sisältää seuraavat pääkohdat:

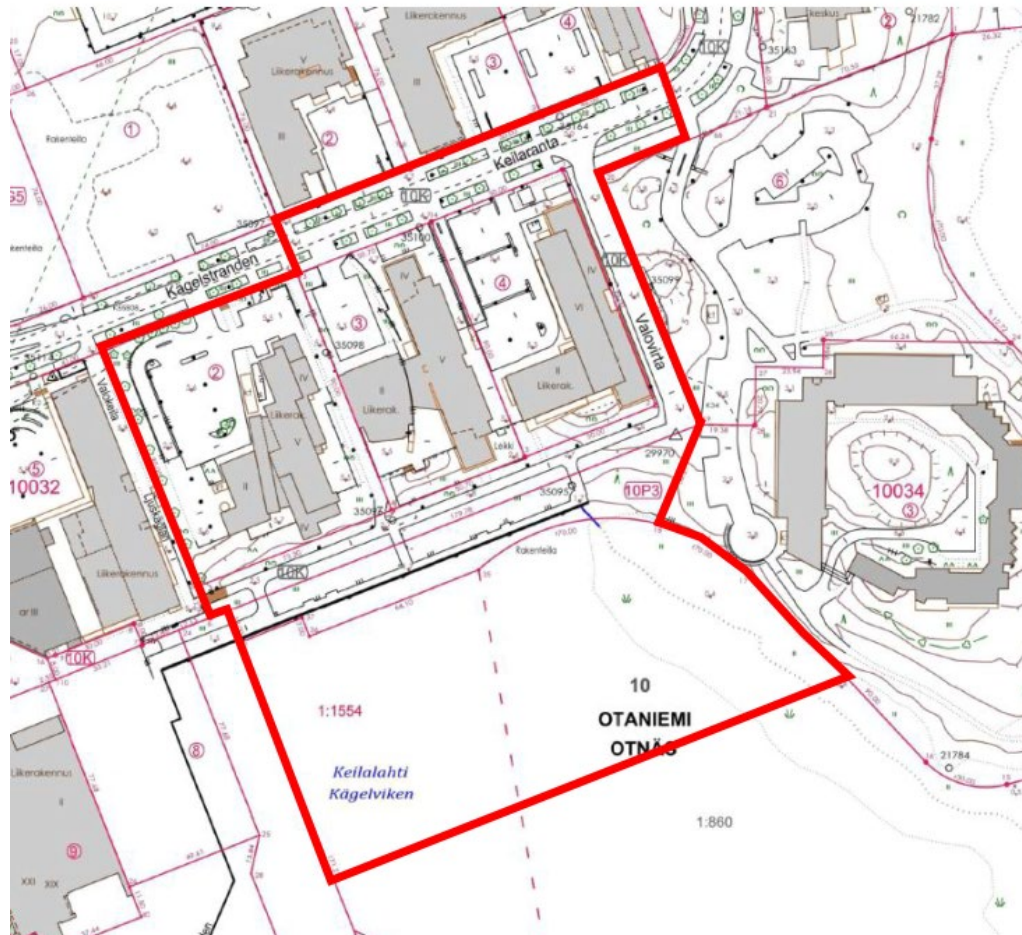
- **Vaikutukset ilmastopäästöihin ja ilmastonmuutoksen hillintään**
 - Kaava-alueen kehittämisen päästölaskenta
 - Päästöjen vähentämisen työkalujen tarkastelu
- **Vaikutukset ilmastonmuutokseen sopeutumiseen**



14.9.2023

3 Suunnittelualue

Asemakaava-alue käsittää Keilaniemen Keilaranta 3, 5 ja 7:n tontit, Keilarannan katualueen tonttien kohdalla sekä tonttien eteläpuolelle suunnitellun meritäyttöalueen suunniteltuine toimintoineen.



Kuva 1. Kaava-alueen raja (punainen viiva) sekä nykyinen asemapiirros.

Kaava-alueelle suunnitellaan toimistoja, hotelli, kongressikeskus ja asuntoja. Suunnittelualueella sijaitsee kolme vuonna 2001 valmistunutta toimistorakennusta, joiden kerrosala on yhteensä noin 17 000 k-m².

Suunnittelualueen pohjoisosassa on voimassa Keilaniemen kalliopysäköintilaitoksen maanalainen asemakaava (lainvoimainen 17.2.2021). Maanalainen asemakaava mahdollistaa yleisen kalliopysäköintilaitoksen ja väestönsuojan rakentamisen sekä sieltä maanpintaan johtavat ajo-, kulku- ja kuiluyhteydet.

Asemakaava tiivistää Keilaniemen kaupunkirakennetta, minkä lisäksi asemakaavan muutoksella parannetaan Espoon rantaraittia sekä kehitetään rantaa toiminnallisesti ja ekologisesti monipuolisemmaksi julkiseksi alueeksi.



14.9.2023

3.1 Keilaranta 3

Keilaranta 3:n tontille suunnitellaan korkeaa toimistotaloa, jonka osana hyödynnetään osaa tontilla olemassa olevasta toimistorakennuksesta. Tontin hankekehityksestä vastaa Skanska ja suunnittelusta ALA Arkkitehdit. Alueelle suunnitellut muutokset on koottu alla olevaan taulukkoon.

Suunniteltu rakentaminen alueella		Laajuus	
Uudisrakennukset	Korkea toimistotalo	21900	k-m2
Säilyvät rakennukset	Osa olemassa olevasta toimistorakennuksesta (rakennettu 2001). Rakennus perusparannetaan: talotekniikan uusiminen, runko, vaippa & rakenteet säilyvät	4000	k-m2
Purettavat rakennukset	Osa olemassa olevasta toimistorakennuksesta (rakennettu 2001).	500	k-m2
Esirakentaminen	Maanpinnan tasoitus kevyen liikenteen väylää varten	300	m3

Hankkeessa on suunniteltu seuraavia ilmastotavoitteellisia ratkaisuja:

- Pysäköinnin osalta hyödynnetään kiinteistöllä jo sijaitsevia autopaikkoja, ja tarvittavat lisäpaikat lunastetaan Keilaniemen tulevasta keskuspysäköintilaitoksesta.
- Rakennukseen tulossa vihreitä parvekkeita ja terasseja.
- Tutkitaan vähähiilisiä runkoratkaisuja (mm. vähähiilinen betoni) sekä vanhasta toimistorakennuksesta purettavien lasilevyjen hyödyntämistä osana uusia sisätiloja.
- Uudisrakennuksen energialuokkatavoite A/B, tutkitaan aurinkopaneelien sijoittamista katolle ja julkisivuun.
- Tontin suunnittelussa käytetään Espoon kaupungin ohjeen mukaista viherkerrointa.



14.9.2023

3.2 Keilaranta 5–7

Keilaranta 5–7:n tontille suunnitellaan kahta asuintornia ja olemassa oleviin toimistoihin liittyvää toimistorakennusta. Tontin hankekehityksestä vastaa eQ Varainhoito ja suunnittelusta L Arkkitehdit. Alueelle suunnitellut muutokset on koottu alla olevaan taulukkoon.

Suunniteltu rakentaminen alueella		Laajuus	
Uudisrakennukset	Kaksi asuintornia	18500	k-m2
	Toimistorakennus	10400	k-m2
Säilyvät rakennukset	Kaksi toimistorakennusta (rakennettu 2001) + Osa korttelin alla sijaitsevasta pysäköintihallista	10500	k-m2
Purettavat rakennukset	Osa Keilaranta 5 toimistorakennuksesta	900	k-m2
	Pysäköintihalli	4100	k-m2
Esirakentaminen	Ei esirakentamistarvetta		

Hankkeessa on suunniteltu seuraavia ilmastotavoitteellisia ratkaisuja:

- Hankkeelle haetaan BREEAM-ympäristöluokitusta, jossa tavoitteena on "excellent" toimiston uudisosan osalta, ja "very good" toiseen asuintorneista. Toiseen asuintorneista haetaan RTS-ympäristöluokitusta. Ympäristöluokituksilla ei ole suoraa, ennustettavaa vaikutusta tontin hiilijalanjälkeen, mutta niiden osana tarkastellaan myös vähähiilisyyttä.
- Asuintorneille e-lukutavoite ≤ 75 , uudistoimistolle -10 % määräysten mukaisesta.
- Tutkitaan aurinkopaneelien asentamista uudisrakennusten katoille.
- Tontin suunnittelussa käytetään Espoon kaupungin ohjeen mukaista viherkerrointa.



14.9.2023

3.3 Valovirta

Kaava-alueelle suunnitellaan myös meritäyttöä ja sille sijoittuvaa hotellia ja toimistorakennusta, joiden hankekehityksestä vastaa AB Invest AS (Norja). Suunnittelusta vastaavat ADT Arkkitehdit (hotellin suunnittelu) ja Snohetta (Norja, toimiston suunnittelu yhteistyössä ADT:n kanssa). Alueelle suunnitellut muutokset on koottu alla olevaan taulukkoon.

Suunniteltu rakentaminen alueella		Laaajuus	
Uudisrakennukset	Toimistorakennus	15500	k-m2
	Välikrakennus (tekniset tilat)	3600	k-m2
	Hotelli	27500	k-m2
Esirakentaminen	Meritäyttö	70000	m3
	Sedimenttien ruoppaus	40000	m3

Hankkeessa on suunniteltu seuraavia ilmastotavoitteellisia ratkaisuja:

- Puurunko toimistorakennukseen
- Viherkatot/terassit
- LEED / BREEAM-sertifiointi tavoitteena
- Energiatehokkuustavoite A-energialuokka
- Tontin suunnittelussa käytetään Espoon kaupungin ohjeen mukaista viherkerrointa.

3.4 Yleiset alueet

Kaava-alueelle on laadittu lisäksi katujen ja yleisten alueiden suunnitelma sekä erillinen, yhteinen maisemasuunnitelma, josta on vastannut Nomaji maisema-arkkitehdit. Maisemasuunnitelmassa on suunniteltu alueelle runsaasti puistomaista jalankulkualuetta etenkin rannan täyttöalueelle.

Yleisten alueiden suunnittelun pohjana on toiminut Keilaniemen ilmastonkestävä rantavisio (2020), jossa rantarakentamisen suunnittelun pohjaksi on linjattu ratkaisuja, jotka säilyttävät toimintakykynsä muuttuvissa ilmasto-olosuhteissa sekä minimoivat rakentamisen hiilijalanjäljen.



14.9.2023

4 Arvioinnin rajausta ja tarkkuustaso

4.1 Vaikutukset ilmastopäästöihin ja ilmastomuutoksen hillintään

Arviointi pohjautuu lähtökohdiltaan Espoon kaupungin luonnokseen ohjeesta kaavan ilmastovaikutusten arviointiin.

Arvioinnin rajausta

Kaava-alueen kehittämisen ilmastovaikutuksia arvioidaan elinkaari-perusteisesti, sisältäen seuraavat alueen elinkaaren vaiheet:

- Rakentamisvaihe
 - olemassa olevien rakennusten ja infran purkaminen
 - esirakentaminen
 - uusien rakennusten ja infran rakentaminen
- Käyttövaihe
 - rakennusten energiankulutus
 - liikenteen päästöt
 - rakennusten ja infran kunnossapito

Käyttövaiheen vaikutuksia arvioidaan alueiden elinkaariarvioinnissa yleisenä standardina käytetylle laskennalliselle 50 vuoden tarkasteluajalle.

Päästöarvioinnissa tarkastellaan jatkosuunnittelussa tehtävien valintojen osalta rinnakkain kolmen eri vaihtoehtoisen toteutustavan ilmastovaikutuksia. Tämän tarkastelun pohjalta määritellään tiedossa olevien päästöjen vähentämisen työkalujen vaikuttavuutta alueen hiilijalanjäljen hillintään. Tarkasteltavat vaihtoehtoiset toteutustavat ovat:

Lyhenne	Tarkasteltu vaihtoehto
Tavanomainen	Tavanomaisen nykykäytännön mukainen skenaario, jossa vähähiilisyys ei ole ohjaavana tekijänä
Vähähiilinen	Ilmastotavoitteita edistävä skenaario, jossa on tehty tavanomaista vähähiilisempiä suunnitteluratkaisuja
Minimi	Skenaario, jossa on tehty ilmastotavoitteellisimpia nykYTEknologioilla realistisia suunnitteluratkaisuja



14.9.2023

Arvioinnin tarkkuustaso

Arviointi toteutetaan laskennallisesti keskimääräisiin päästökertoimiin ja oletusarvoihin pohjautuen. Laskennallisten arvioiden pohjana käytetyt lähtötiedot on raportoitu tulosten yhteydessä.

Laskennallisen arvioinnin yksikkönä on hiilidioksidiekvivalentti, CO₂e. Hiilidioksidiekvivalentti on eri kasvihuonekaasujen yhteismitallinen yksikkö, joka kuvaa niiden ilmastoa lämmittävää vaikutusta. Muut kasvihuonekaasut kuin hiilidioksidi muunnetaan CO₂-ekvivalenteiksi kertomalla ne kertoimella, joka kuvaa niiden ilmastoa lämmittävän vaikutuksen suuruutta hiilidioksidiin verrattuna.

Koska kyseessä on vasta asemakaavavaiheen suunnittelu, kuvaavat laskennallisen arvioinnin tulokset vain ilmastovaikutusten karkeaa suuruusluokkaa, eikä niitä tule käsitellä tarkkoina arvioina. Vaikutusten karkeiden suuruusluokkien osoittaminen auttaa tunnistamaan alueen suunnittelun ilmastopäästöjen hillinnän kannalta keskeisimmät vaikuttamismahdollisuudet.

4.2 Vaikutukset ilmastonmuutokseen sopeutumiseen

Ilmastonmuutokseen sopeutumisen osalta arvioinnissa tarkastellaan ilmastonmuutoksen myötä äärevöityvien sääilmiöiden aiheuttamia riskejä sekä niihin sopeutumisen keinoja alueen suunnittelussa. Erityisesti tarkastellaan tuulisuuden, tulvariskien ja lisääntyvien hellejaksojen aiheuttamiin riskeihin varautumista sekä muuttuvan ilmaston edellyttämiä rakenneteknisiä ominaisuuksia.

Toisin kuin alueen rakentamisen ilmastopäästöjen arvioinnissa, ilmastonmuutokseen sopeutumista ei pystytä arvioimaan laskennallisesti. Sopeutumista tarkastellaan laadullisesti.



14.9.2023

5 Vaikutukset ilmastopäästöihin ja ilmastomuutoksen hillintään

5.1 Päästölaskenta

Seuraavissa alakappaleissa on esitetty alueen elinkaaren aikaisen päästölaskennan lähtötiedot ja tulokset arvioinnin osa-alueisiin jaoteltuna. Kappaleessa 5.3. on esitetty yhteenveto tuloksista.

5.1.1 Esirakentaminen

Meritäytöt

Merkittävin esirakentamisen toimenpide kaava-alueella on Keilarantaan suunniteltu meritäyttö. Meritäyttöön tarvittavaksi louhemääräksi on arvioitu 70 000 m³ ja ruoppausten määräksi 40 000 m³.

Meritäyttöjen ilmastovaikutusten arvioinnissa on oletettu, että perustapauksessa käytetty louhe hankitaan neitseellisenä ja kuljetetaan alueelle 40 km päästä. Täyttölouheen tuotannon päästöjen on oletettu vastaavan kansallisen infrarakentamisen päästötietokannan päästöarvoja. Laskennassa on huomioitu vain louheen tuotanto ja kuljetus: todellisuudessa myös täyttöjen toteutuksessa tarvittavat työkoneet lisäävät hieman täyttöjen toteutuksen ilmastopäästöjä.

Vaihtoehtoisesti louhe voidaan saada muun rakennushankkeen ylijäämänä, jolloin materiaalin tuottamiselle ei synny laskennallisia päästöjä. Ylijäämälouheen kuljetusmatkaksi on arvioitu minimiskenaariossa 0,3 km perustuen siihen, että louhe saataisiin ylijäämämateriaalina alueella sijaitsevasta kallioparkkihankkeesta. Vähähiilisessä skenaariossa on tarkasteltu tilannetta, jossa ylijäämälouhe joudutaan kuljettamaan 20 km päästä (esim. kallioparkkilouheen välivarastointi tai muun, kauempana sijaitsevan hankkeen ylijäämälouheen hyödyntäminen).

Taulukko 1. Meritäyttöjen päästöarvioinnissa tarkastellut vaihtoehtoskenaariot

	Tavanomainen	Vähähiilinen	Minimi
Täyttölouhe	Neitseellinen materiaali	Ylijäämälouhe toisesta hankkeesta	Ylijäämälouhe toisesta hankkeesta
Louheen kuljetusmatka	40 km	20 km	0,3 km



14.9.2023

Ruoppaukset

Keilarannan meritäytön on arvioitu edellyttävän sedimenttien ruoppausta noin 40 000 m³. Tässä arvioinnissa on oletettu, että ruopattavat sedimentit läjitetään tai hyödynnetään maa- tai vesirakentamisessa. Suuntaa antavana arviona ruoppauksen ilmastopäästöistä kuutiometriä kohden on käytetty Puotilanrantaan tehtyä esirakentamisen ilmastovaikutusten arviointia (Ramboll, 2020). Ruoppausmassojen kuljetusetaisyydeksi läjitysalueelle on oletettu 10 km. Mikäli merialueelta ruopattavat sedimentit ovat pilaantuneita ja meriläjityskelvottomia, nousevat ruoppausmassojen käsittelyn ilmastovaikutukset arvioinnin lähteenä käytetyn selvityksen mukaan jopa 40-kertaisiksi.

Muu esirakentaminen ja rakennusten purkaminen

Keilarannan meritäyttöalue edellyttää +1-tasoon tehtävän meritäytön lisäksi maanpinnan tasauksen turvallisten rakentamiskorkeuksien edellyttämään +3.55 korkoon. Tähän tarvittavan täytön massaksi on arvioitu 25 000 m³. Lisäksi Keilaranta 3:n tontti edellyttää vähäistä tasausta ja maamassojen poistoa.

Myös alueen olemassa olevan rakennuskannan purkamisen ilmastovaikutukset on sisällytetty esirakentamisen päästöarvioon kansallisen rakentamisen päästötietokannan laskenta-arvoihin pohjautuen. Kaava-alueella on suunniteltu purettavan yhteensä 1400 k-m² olemassa olevista toimistorakennuksista sekä 4100 k-m² pysäköintikellari.

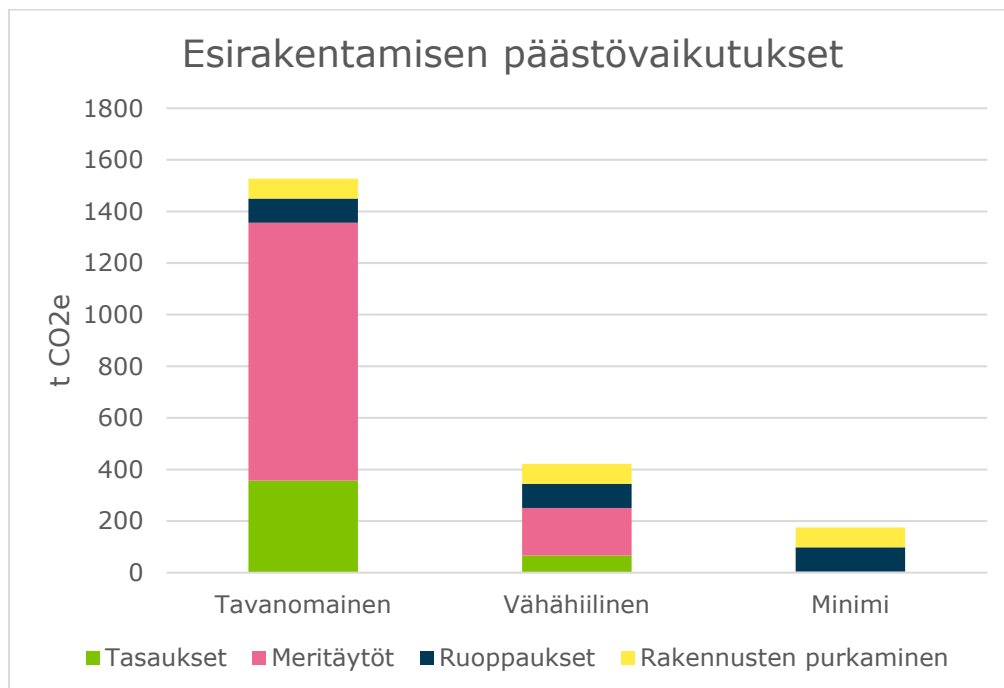
Purettavien rakenteiden uudelleenkäyttöön liittyy merkittävää vähähiilisyyspotentiaalia. Varsinkin betonielementtien uudelleenkäyttö kokonaisina on merkittävä (joskin teknisesti haastava) kiertotaloutta ja vähähiilisyyttä edistävä toimenpide.

Laskennalliset päästövaikutukset

Suurin vaikutus alueen esirakentamisen ilmastopäästöihin on meritäyttöillä ja täyttöalueen tasauksella, joiden osalta päästövaikutuksiin vaikuttaa merkittävästi louheen alkuperä ja kuljetusmatka. Suurin merkitys on täytön materiaalilla: käyttämällä 100 % ylijäämälouhetta neitseellisen materiaalin sijaan täytön rakentamisen laskennalliset ilmastovaikutukset putoavat merkittävästi. Jos taas täyttömateriaali saadaan alueella sijaitsevasta kallioparkkihankkeesta ilman tarvetta maamassojen välivarastointiin kauempana, saadaan täyttöjen toteutuksen päästövaikutukset lähes nollattua. Hankkeiden aikataulujen yhteensovittaminen voi kuitenkin rajoittaa kallioparkkihankkeen massojen hyödyntämistä.



14.9.2023



Kuva 2. Esirakentamisen laskennalliset ilmastopäästövaikutukset alueella.

5.1.2 Infra ja yleiset alueet

Infran ja yleisten alueiden osalta arvioitiin katujen ja muiden yleisten pinnoitettujen alueiden rakentamisen sekä uusien viheralueiden rakentamisen päästöjä. Arviointia varten laskettiin kaava-alueen katujen ja yleisten alueiden suunnitelmasta sekä nykyisestä asemakaavasta ja ilmakuvista katu- ja viheralueiden pinta-aloja ja vertailtiin niitä toisiinsa. Katu- ja viherrakentamisen ilmastovaikutusten arvioinnin lähtötietona käytettiin SYKEN KEKO-taustaraportin päästölaskenta-arvoja (SYKE, 2016). Laskennallinen arvio yleisten alueiden rakentamisen ja ylläpidon ilmastovaikutuksista on esitetty kuvassa 3.

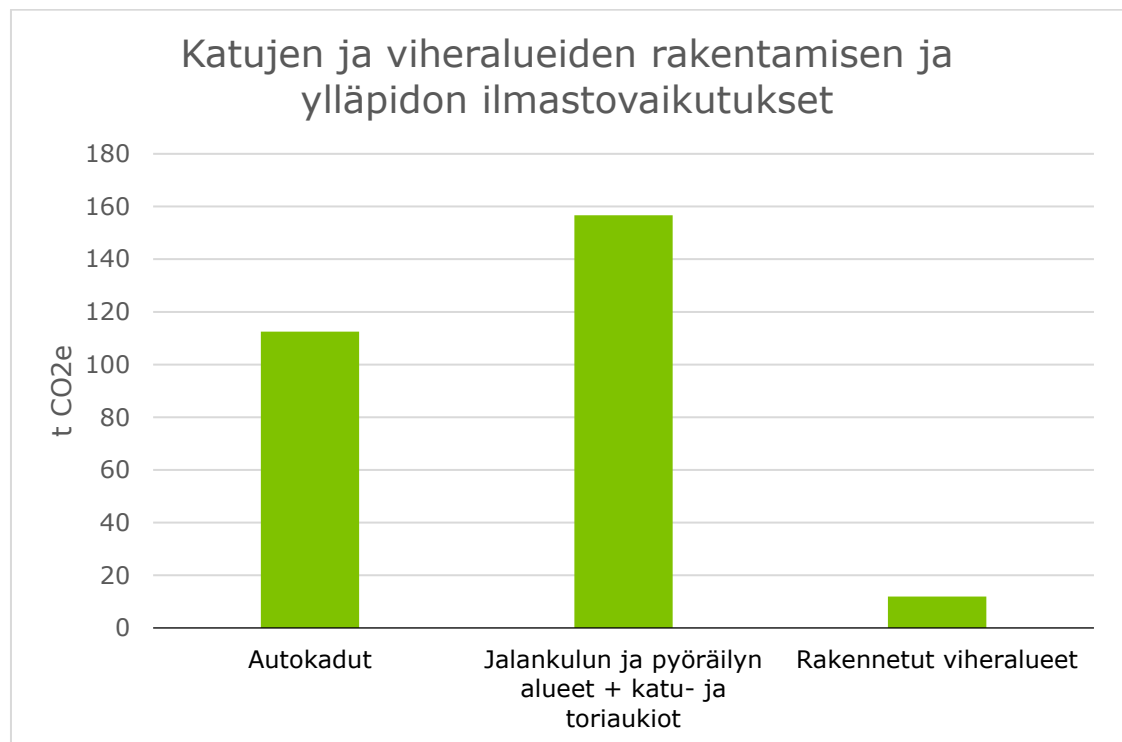
Infran ja yleisten alueiden rakentamisen ja ylläpidon päästöjä voidaan tehokkaimmin hillitä vaikuttamalla pintamateriaaleihin ja teknisen verkoston materiaaleihin. Esimerkiksi graniitti aiheuttaa suuret ilmastopäästöt katurakentamisessa, ja infrarakentamisessa betoniputkien ilmastovaikutukset ovat huomattavasti muoviputkia suuremmat. Myös alueen rakentamisessa syntyvien purkumateriaalien käyttö katujen ja yleisten alueiden rakentamisessa tarjoaa mahdollisuuden päästövähennyksiin. Tunnistettut vähähiiliset suunnitteluratkaisut on koottu taulukkoon 2.



14.9.2023

Taulukko 2. Tunnistettut mahdollisuudet vähähiilisiin suunnitteluratkaisuihin katujen ja yleisten alueiden suunnittelussa.

	Tavanomainen	Vähähiilinen
Yleisten alueiden pintamateriaalit	Graniitti Muut neitseelliset rakennusmateriaalit	Vähähiiliset pintamateriaalit Alueelta saatavien purkumateriaalien hyödyntäminen katujen ja yleisten alueiden rakentamisessa
Teknisen verkoston materiaalit	Betoniputket	Muoviputket
Työmaatoiminnot	Tavanomaiset työmaajärjestelyt	Sähköiset, vähähiiliset työmaat



Kuva 3. Katujen ja viheralueiden rakentamisen ja ylläpidon laskennalliset ilmastovaikutukset. Laskennassa ei ole huomioitu tunnistettujen vähähiilisten ratkaisujen vaikutuksia.



14.9.2023

5.1.3 Rakennusten rakentaminen

Rakennusten rakentamisen ilmastovaikutukset kaava-alueella on arvioitu pohjautuen hankkeiden ilmoittamiin suunnittelutietoihin, joista keskeisimmät arvioinnissa käytetyt tiedot ovat rakennustyyppikohtaiset kerrosalat (taulukko 3) ja arviot rakennusten perustustavasta. Lisäksi arviointiin sisältyvät olemassa olevien rakennusten peruskorjaukset, joita on suunniteltu osana uuden toimistorakennuksen rakennetta hyödynnettävälle 4000 k-m² vanhan toimistorakennuksen osalle.

Taulukko 3. Kaava-alueelle suunniteltu uudisrakentaminen

Tontti/alue	Rakennus	Kerrosala (k-m ²)	Kerrosluku
KR 3	Toimisto	21900	20
KR 5-7	Asuinrakennus A	7500	17
	Asuinrakennus B	11000	24
	Toimisto	10400	13
Meritäyttöalue	Hotelli	27500	34
	välirakennus	3600	2
	Toimisto	15500	8

Korkean rakentamisen vaikutus rakennusten hiilijalanjälkeen

Kaava-alueelle suunnitellut uudisrakennukset ovat korkeita tornitaloja, lukuun ottamatta meritäyttöalueelle suunniteltua toimistorakennusta ja matalaa toimiston ja hotellitornin välirakennusta.

Rakennusten korkeudella on vaikutus rakentamisen aikaisiin päästöihin, koska korkeat rakennukset vaativat enemmän kantavia ja jäykistäviä rakenteita. Toisaalta matalimmissa, 1–3-kerroksisissa rakennuksissa perustusten ja kattorakenteiden osuus päästöistä on suhteellisesti suurempi.

Rakennuksen korkeuden vaikutuksesta ominaispäästöihin ei ole laajaa suomalaista tutkimusta, mutta kansainvälisten selvitysten¹ pohjalta voidaan arvioida, että rakentamisen ominaispäästöt (päästöt per kerrosneliömetri) kasvavat lineaarisesti

¹ Drew ym. 2015. The Environmental Impact of Tall vs Small: A Comparative Study

Gauch, ym. 2023. What really matters in multi-storey building design? A simultaneous sensitivity study of embodied carbon, construction cost, and operational energy.

Hart ym. 2021. Whole-life embodied carbon in multistorey buildings

Luo ym. 2016. Embodied carbon emissions of office building: A case study of China's 78 office buildings

Nadoushani & Akbarnezhad 2015. Effects of structural system on the life cycle carbon footprint of buildings

Simonen ym. 2017. Benchmarking the Embodied Carbon of Buildings



14.9.2023

noin 1 % jokaista lisäkerrosta kohti, yhdeksännestä kerroksesta alkaen. Tämä arvio on konservatiivinen, eli vaikutus voi olla myös selkeästi suurempi.

Rakennusmateriaalien vaikutus hiilijalanjälkeen

Arvioinnissa tarkasteltiin myös mahdollisuuksia vaikuttaa rakennusten rakentamisen hiilijalanjälkeen rakennusmateriaalien valinnalla (taulukko 4).

Taulukko 4. Rakennusten rakentamisen päästöarvioinnissa tarkastellut vaihtoehtoskenaariot

Runkomateriaali	Tavanomainen	Vähähiilinen	Minimi
Tornitalot	Betoni	Betoni	Vähähiilinen betoni
Valovirta-toimistorakennus	Betoni	Puu	Puu

Tavanomaisessa skenaariossa oletetaan, että kaikki kaava-alueen rakennukset ovat betonirakenteisia. Koska tornitalojen rakentamisen rakennustekniset vaatimukset rajoittavat vähähiilisten rakennusmateriaaliratkaisujen mahdollisuuksia tavanomaisia rakennuksia enemmän, todettiin puurakentaminen tornitalojen kohdalla epärealistiseksi. Meritäyttöalueen hotellirakennusta on kuitenkin suunniteltu puurakenteiseksi, mikä huomioidaan vähähiilisessä vertailuskenaariossa. Minimiskenaariossa taas tarkastellaan päästövähennyksen suuruusluokkaa, jos puurakenteisen toimistotalon lisäksi tornitalojen runkorakenteissa käytetään vähähiilistä betonia.

Vähähiilistä betonia voi käyttää lähes kaikissa tavallisissa betonin käyttökohteissa: vain vaikeimpien rasitusluokkien betoneita on haastavaa korvata vähähiilisemmällä vaihtoehdolla. Vähähiilistä betonia voi siis käyttää myös korkeassa rakentamisessa. Betonilaadun sopivuus täytyy kuitenkin varmistaa betoni- ja elementtitoimittajilta kohdekohtaisesti. Vähähiiliseen betonin käytössä on huomioitava, että sää ja lämpötilaolosuhteet vaikuttavat siihen normaalia betonia enemmän. Lisäksi mitä vähähiilisempää betoni on, sitä pidempään sen lujuus kehittyy, millä voi olla merkittävä vaikutus työmaan aikatauluihin. Perustusten betonin vaikutus kokonaispäästöihin on suuri varsinkin korkeassa rakentamisessa, johon joudutaan tekemään paaluperustus.

Myös julkisivumateriaalien valinnalla voidaan vaikuttaa rakennusten ilmastopäästöihin. Julkisivumateriaalin vaikutus ilmastopäästöihin on kuitenkin pieni verrattuna runkomateriaalien vaikutukseen, joten sitä ei ole sisällytetty laskennalliseen tarkasteluun. Vähähiilisten julkisivumateriaalien käytön mahdollisuuksia voidaan edistää kaavalla, jonka määräyksissä ei rajoiteta liikaa julkisivumateriaalien valintaa.



14.9.2023

Laskennassa käytetyt päästökertoimet

Rakennusten rakentamisen päästölaskennassa on käytetty Sitowisen Helsingin kaupungille kehittämän HAVA-laskentamenetelmän rakennustyyppikohtaisia ominaispäästökertoimia, jotka kuvaavat keskimääräistä betoni- ja puurakennuksen hiilijalanjälkeä sekä rakennusmateriaalien teoreettisia ilmastohyötyjä (Puurunen ym., 2021). Yli 9-kerroksisten tornitalojen osalta päästöarvioon on lisätty 1% jokaista lisäkerrosta kohti kuvaamaan korkean rakentamisen vaikutusta rakennuksen hiilijalanjälkeen (ks. tarkemmin yllä). Vähähiilisen betonin vaikutukseksi korkeiden kerrostalojen hiilijalanjälkeen oletettiin -12 % perustuen One Click LCA -ohjelmalla tehtyihin vertailulaskelmiin. Todellinen vaikutus kuitenkin riippuu käytetystä betonilaadusta ja vähähiilisen betonin käytön laajuudesta.²

Rakennusmateriaaleilla on myös laskennallisia hiilikädenjälkihyötyjä, joita on tarkasteltu betoni- ja puurakentamiselle HAVAn laskenta-arvojen pohjalta³ (Puurunen ym., 2021). Materiaalien laskennallinen hiilikädenjälki ei kuitenkaan suoraan kumoa sitä vastaavaa hiilijalanjälkeä, sillä sen laskenta on osin hyvin teoreettista ja sisältää merkittäviä epävarmuuksia.

Laskennalliset päästövaikutukset

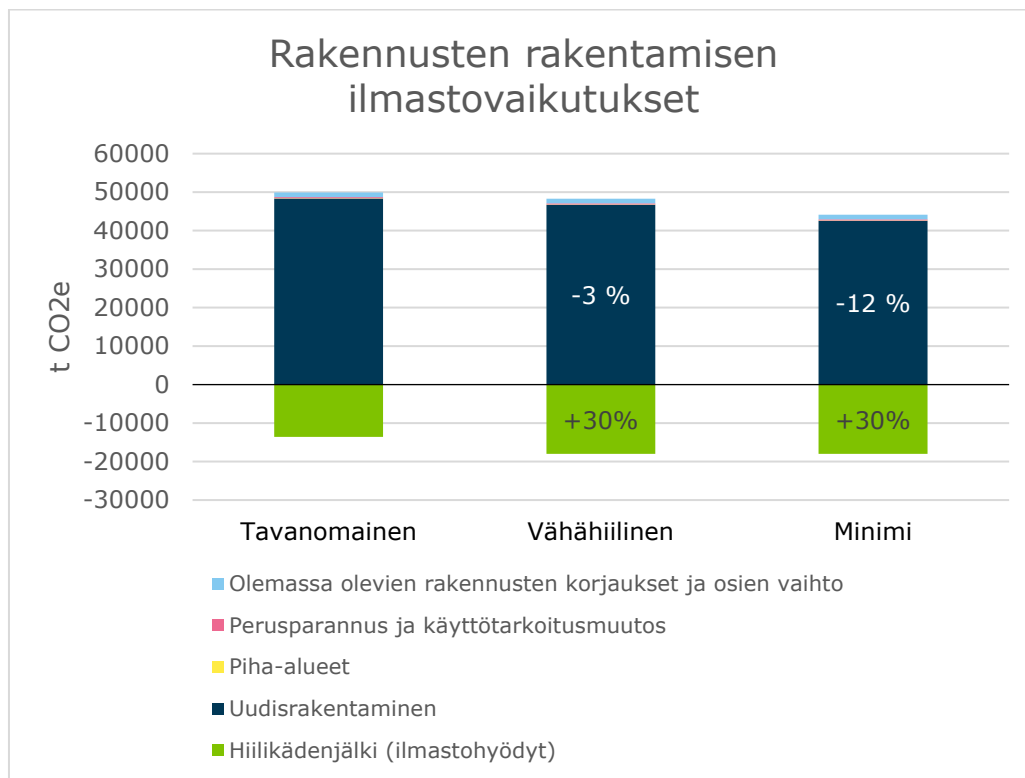
Laskennallisessa hiilijalanjälkitarkastelussa uudisrakentaminen muodostaa 97 % rakennusten rakentamisen ja ylläpidon ilmastovaikutuksista. Vähähiilisessä skenaariossa tarkasteltu puurakenteinen toimistorakennus pienentää alueen rakennusten rakentamisen hiilijalanjälkeä 3 %, mutta kasvattaa rakennusten rakentamisen teoreettista hiilikädenjälkeä jopa 30 %. Vähähiilisen betonin käytöllä yhdistettynä puurakenteiseen toimistorakennukseen saadaan rakennusten rakentamisen ja ylläpidon hiilijalanjälkeä vähennettyä jopa 12 %. (Kuva 4 alla)

² Laskennassa käytetyt oletukset: Rakennuksissa voidaan käyttää vähintään GWP.70 betonia (ks. <https://vahahiilinenbetoni.fi/>) suurimmassa osassa rakenteita ja mahdolliset ontelolaatat voidaan korvata vähähiilisellä ontelolaatalla, jonka hiilijalanjälki on noin 40–50 % pienempi. Perustuksissa ja mahdollisissa muissa paksuissa valuissa voidaan käyttää vielä merkittävästi vähähiilisempää GWP.40 betonia.

³ Vähähiilisen betonin käytön voidaan olettaa heikentävän hieman betonin karbonatisoitumista ja sen myötä betonirakennusten hiilikädenjälkeä. Vaikutus on kuitenkin arvioitu merkitykseltään vähäiseksi, joten sitä ei ole sisällytetty arviointiin.



14.9.2023



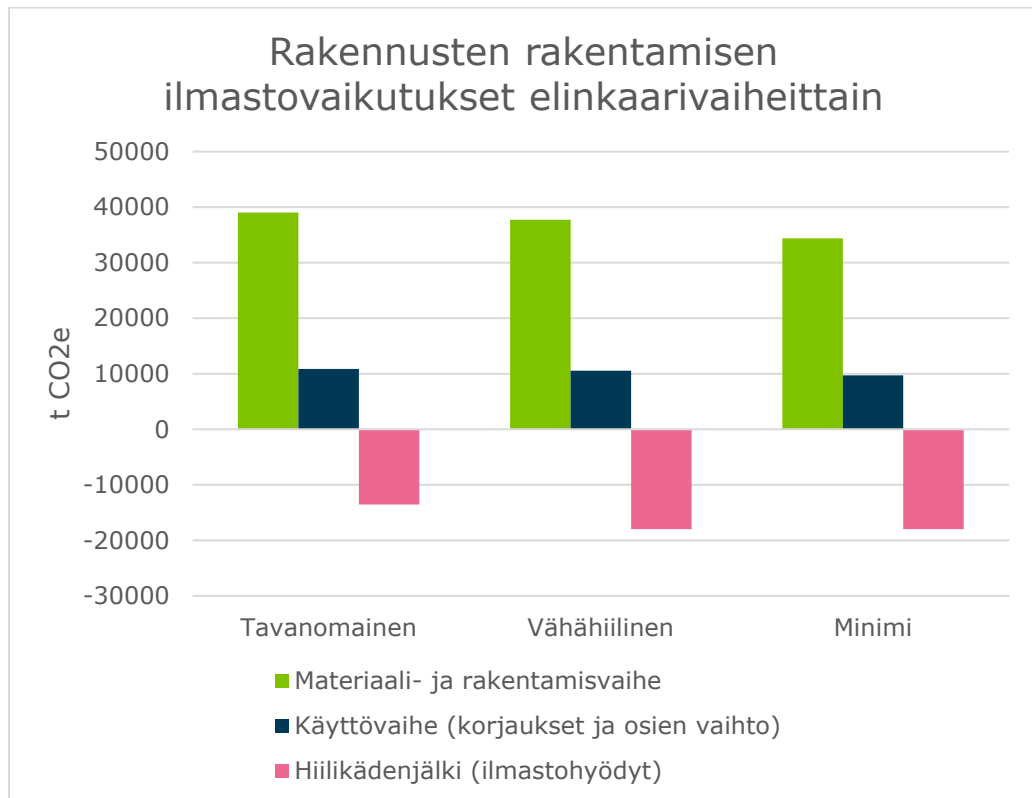
Kuva 4. Rakennusten rakentamisen laskennalliset ilmastopäästöt alueella sekä arvioitu prosentuaalinen ero tarkasteltujen skenaarioiden välillä.

Kuvassa 5 on esitetty laskennallinen arvio rakennusten rakentamisen hiilijalanjäljestä jaettuna rakennusten elinkaaren eri vaiheisiin. Jaottelussa on oletettu Bionovan (2021) raportin pohjalta, että rakennusten rakentamisen ja ylläpidon elinkaaren aikaisista ilmastovaikutuksista⁴ noin 80 % aiheutuu elinkaaren materiaali- ja rakentamisvaiheessa ja loput 20 % käyttövaiheessa. Käyttövaiheen vaikutukset on laskettu rakennuksissa tarvittaville korjauksille ja osien vaihdolle.

⁴ pois lukien rakennuksen energiankulutus, jota arvioidaan erikseen, sekä rakennusten kunnossapito ja purkaminen



14.9.2023



Kuva 5. Rakennusten rakentamisen laskennalliset ilmastopäästöt alueella elinkaarivaiheittain.

5.1.4 Energiankulutus

Alueelle suunniteltujen, säilyvien ja perusparannettavien rakennusten energiankulutusta ja sen hiilijalanjälkeä arvoitiin elinkaariperusteisessa ilmastovaikutusten arvioinnissa standardina käytetyille laskennalliselle 50 vuoden tarkasteluajalla. Laskenta tehtiin ajanjaksolle vuodesta 2030 alkaen.

Rakennusten energiankulutus

Rakennusten energiankulutuksen arvion lähtötietoina käytettiin HAVAn laskenta-arvoja (Puurunen ym., 2021), jotka pohjautuvat kaukolämmön kulutuksen osalta Helsingin kaukolämpöverkon todelliseen kulutusdataan ja otettuna rakennusten iän mukaisiksi tyyppikulutusarvoiksi. Sähkönkulutus on arvoitu oletuksena yhtäläiseksi kaiken ikäisille rakennuksille Helsingin sähkönverkon ja Motivan kulutusdatan pohjalta. Energiankulutusarvioita on täydennetty hotellirakennuksen osalta viimeaikaisiin uudisrakennuskohteille tehtyihin laskentoihin pohjautuen.

Arvioinnissa tarkasteltiin rakennusten energiatehokkuuden (e-luku) vaikutusta alueen energiankulutuksen päästöihin. Vertailluissa vaihtoehtoisissa käytetyt oletukset rakennusten energiatehokkuudesta on koottu taulukkoon 5. Tarkastelluista skenaarioista tavanomainen vaihtoehto kuvaa määräysten mukaista minimitasoa, vähähiilinen vaihtoehto A-energialuokan ylärajan mukaista rakentamista (asuinrakennukset ja toimistot) tai 30 % vaadittua määräystasoa parempaa



14.9.2023

energiatehokkuutta (hotelli). Minimivaihtoehto kuvaa 30 % määräyksiä energiatehokkaampaa rakentamista (asuinrakennukset ja toimistot) tai A-energialuokan mukaista rakentamista (hotelli).

Taulukko 5. Tarkastellut vaihtoehdot uudisrakennusten ja perusparannettavien rakennusten energiankulutukselle (e-luku).

E-luku	Tavanomainen	Vähähiilinen	Minimi
Asuinkerrostalot	90	75 (A-energialuokka)	63 (-30 %)
Toimistot	100	80 (A-energialuokka)	70 (-30 %)
Hotelli	160	123 (-30 %)	90 (A-energialuokka)

Energiantuotannon ilmastopäästöt

Energiantuotannon päästökertoimina käytettiin Espoon kaupungin ilmastaselvitysten toteutusohjeen mukaisesti seuraavia laskennallisia ennusteita, joita laajennettiin ja jatkettiin lineaarisesti vuositasolle:

- Kaukolämmön päästöt: Fortumin ennuste päästöjen muutoksesta (Fortum)
- Sähkön päästöt: Valtakunnallisen ennusteen mukaan (Kansallinen rakentamisen päästötietokanta)

Koska Espoon kaukolämmön tuotanto on Fortumin päästöennusteen mukaan hiilineutraalia jo vuonna 2025, jää kaukolämmön suhteellinen osuus energiankulutuksen ilmastopäästöistä arvioissa pieneksi. Kaukolämmölle on hiilineutraaliustavoitteesta huolimatta laskettu ominaispäästöt, sillä Fortumin ennusteen mukaan tuotettu energia ei tule olemaan täysin nollapäästöistä, vaan pieni osa tuotannon päästöistä kompensoidaan. Tätä päästökompensaatiota ei ole huomioitu laskennassa. Mikäli kaukolämmön päästökehityksen arvioina käytettäisiin Fortumin ennusteen sijaan kansallista päästökehitysennustetta (Kansallinen rakentamisen päästötietokanta), olisivat kaukolämmön laskennalliset ilmastopäästöt tarkasteluajalla viisinkertaiset.

Minimiskenaariossa on tarkasteltu rakennusten energiatehokkuuden lisäksi sen vaikutusta rakennusten energiankulutuksen hiilijalanjälkeen, jos rakennuttajan omistukseen jääviin rakennuksiin⁵ hankitaan alkuperätakuulla vahvistettua vihreää sähköä. Tällöin vihreän sähkön osuus rakennusten sähkönkulutuksesta on arvioitu

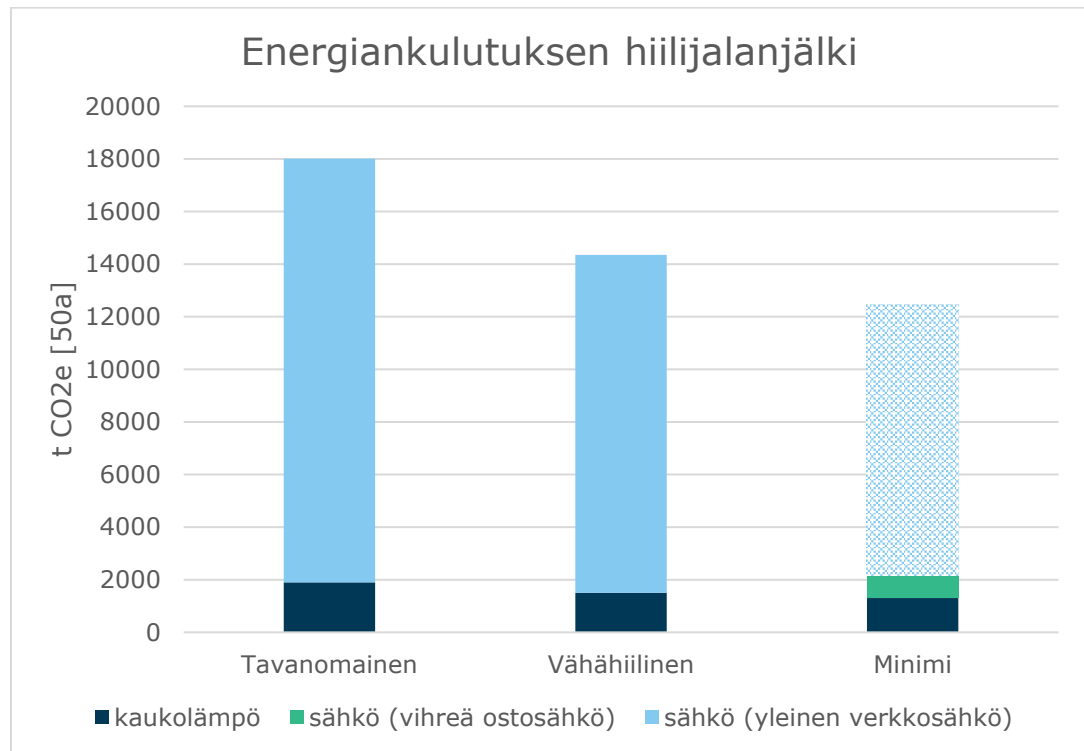
⁵ muut alueen rakennuksista paitsi KR5 asuinrakennus B



14.9.2023

laskennallisesti nollapäästöiseksi. On kuitenkin huomattava, että vihreä ostosähkö ei välttämättä vähennä sähköntuotannon kokonaispäästöjä, ellei sen myyjä sitoudu rahoittamaan uusiutuvan sähköntuotannon kapasiteetin lisäystä myymäänsä vihreää sähköä vastaavan määrän.

Laskennallinen arvio kaava-alueen rakennusten ja yleisten alueiden energiankulutuksen ilmastopäästöistä 50 vuoden tarkasteluajalla on esitetty kuvassa 6.



Kuva 6. Rakennusten ja yleisten alueiden energiankulutuksen laskennallinen hiilijalanjälki alueella. Minimi-vaihtoehdossa sähkönkulutus voisi olla lähes päästötöntä, jos sähkö tuodaan ulkopuolisesta, yksinomaan tämän alueen tarpeita palvelemaan rakennetusta uusiutuvasta lähteestä.

Uusiutuvan energian tuotannon mahdollisuudet

Alueelle suunnitelluista rakennushankkeista moni sisältää suunnitelmia aurinkoenergian hyödyntämisestä rakennusten katoilla ja julkisivuilla. Tämän vaikutuksia ei ole arvioitu laskennallisesti erikseen, vaan aurinkoenergian tuottaman energiasäästön on oletettu sisältyvän rakennuksen e-lukuarvioon. Aurinkoenergian tuotanto tarjoaa kuitenkin hyvän mahdollisuuden kattaa osa rakennusten energiantarpeesta paikallisella uusiutuvalla energiantuotannolla.

Paikallista lämpöenergian tuotantoa haastaa se, että maanalainen pysäköintihalli estää lämpökaivojen rakentamisen Keilaranta 3–7 tonteilla. Toisaalta, mikäli Fortumin ennuste kaukolämmön päästökehityksestä pitää paikkansa, on myös kaukolämpö jo lähtökohtaisesti hyvin vähäpäästöinen energiantuotannon vaihtoehto.



14.9.2023

5.1.5 Liikenne

Liikenteen ilmastopäästöt on arvioitu laskennassa hyvin karkeasti, sillä niiden arviointiin ei ollut saatavilla tarkkaa laskentaa mahdollistavia lähtötietoja. Laskennan tuloksia tulee siis etenkin liikenteen päästöjen kohdalla tulkita vain kaava-alueen käytön aikaansaaman liikkumisen suuruusluokkaa kuvaavina.

Alueelta lähtevien matkojen keskipituus sekä henkilöautojen kulkutapaosuus alueella on arvioitu laskennassa HELMET-liikennemallin ennustevuoden 2040 pohjalta (HSL). Se kuvaa ennustetta matkojen keskipituudesta tilanteessa, jossa seudun maankäyttö ja liikennejärjestelmä ovat muuttuneet MAL 2023 -suunnitelman mukaisesti. Muut laskennassa käytetyt keskeiset lähtötiedot on raportoitu taulukossa 6. Laskennassa on huomioitu vain yhdensuuntaiset, alueelta lähtevät matkat⁶.

Laskentaan on sisällytetty ainoastaan henkilöautojen osuus matkoista. Joukkoliikenteen on oletettu sähköistyneen HSL-alueella jo lähes täysin vuodesta 2030 eteenpäin, joten sen ilmastovaikutukset on arvioitu lähes olemattomiksi. Laskennassa käytetyt päästökertoimet pohjautuvat Liikenne- ja viestintäministeriön kansalliseen perusennusteeseen ajoneuvokannan kehityksestä (2021), jota on jatkettu lineaarisesti vuodesta 2050 eteenpäin. Laskennassa päästökertoimena on käytetty ennusteeseen pohjautuvaa vuosien 2030–2079⁷ keskiarvoa. Laskennassa on huomioitu vain ajoneuvojen pakoputkipäästöt, joten ajoneuvojen kuluttamien polttoaineiden ja sähköön tuotannon hiilijalanjälki ei sisälly arvioon.

Kaava-alueelle suunnitellut rakennukset sijaitsevat kokonaisuudessaan 300 metrin säteellä lähimmästä metroasemasta ja 200 m säteellä Raide-Jokerin pysäkistä, joten joukkoliikenteen palvelutaso alueella on hyvin korkea ja alueen saavutettavuus joukkoliikenteellä on erinomainen useasta suunnasta. Alue kuuluu Suomen Ympäristökeskuksen Yhdyskuntarakenteen vyöhykeluokituksessa Pääkaupunkiseudun ydinalueen intensiiviseen joukkoliikennevyöhykkeeseen, jolla on seudun tasolla erinomaiset edellytykset kestävien kulkumuotojen käyttöön.

Liikenteen ilmastovaikutusten hillinnässä alueella auttavat myös pysäköinnin järjestäminen pääosin eriytettynä alueelliseen kalliopysäköintiin sekä laadukkaat kävely-ympäristöt Keilarannassa. Näiden tekijöiden vaikutukseksi liikkumisen ilmastovaikutuksiin alueella on arvioitu -7,7 % pohjautuen aiempaan Helsingin kaupungille tehtyyn kirjallisuusselvitykseen (Flou Oy, 2020). Liikenteen hiilijalanjälkiarvioinnissa ei ole erikseen tarkasteltu Tavanomaisen, Vähähiilisen ja Minimiskenaarion eroja laskennan epätarkoista lähtöoletuksista johtuen.

Laskennan tulokset on esitetty kuvassa 7.

⁶ Saapuvat matkat tulkitaan niiden lähtöalueella sijaitsevien toimintojen aikaansaamaksi suoritteeksi. Tämä linjaus on mm. FIGBC:n (2023) ohjeiden mukainen.

⁷ kaava-alueen käyttövaiheen ilmastovaikutusten laskennallinen tarkastelu aika



14.9.2023

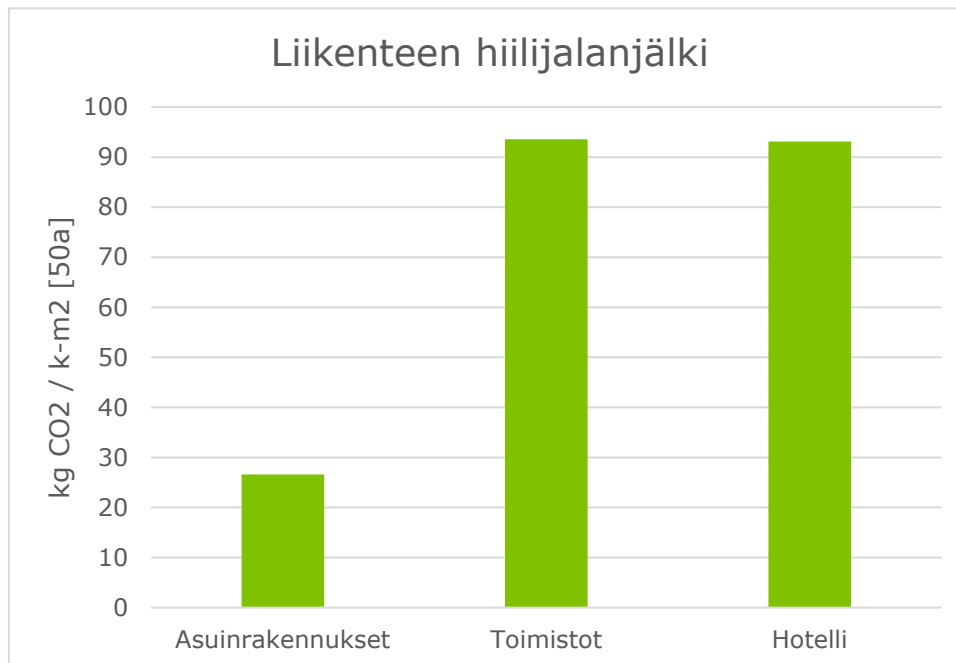
Taulukko 6. Henkilöautosuoritteen arvioinnissa käytetyt laskenta-arvot ja niiden lähteet

Muuttuja	Arvo	Lähde
alueelta lähtevien ja sinne saapuvien henkilöautomatkojen keskipituus	16,6 km	HELMET-liikennemalli (HSL)
henkilöautomatkojen osuus kaikista alueelta lähtevistä ja sinne saapuvista matkoista	18,1 %	HELMET-liikennemalli (HSL)
henkilöautomatkojen määrä / vrk / asukas	0,24	HELMET-liikennemalli (HSL)
k-m2 / asukas	35	asiantuntija-arvio
kävijämäärä / vrk / 100 k-m2	13,5 ⁸ (toimistot) 13 (hotelli)	Kalenoja ym., 2008 (Toimistot: toimistotyöpaikka-alue, paljon asiointiliikennettä, esimerkiksi yritysten pääkonttorit. Hotelli: vaihteluvälistä 4–22 kävijää / vrk / 100 k-m2 muodostettu keskiarvo)
henkilöauton kuormitusaste	1,49 (muut rakennukset) 1,1 (toimistot)	HLT 2016 (Muut rakennukset: yleinen kuormitusaste Helsingin seudulla, Toimistot: keskimääräinen kuormitusaste työasioihin suuntautuvilla arkivuorokauden matkoilla)

⁸ Toimistojen osalta luku kuvaa arkivuorokautta. Käytännössä arvio on todennäköisesti liioiteltu, sillä etätyön yleistyttyä toimistojen kävijämäärät ovat laskeneet.



14.9.2023



Kuva 7. Laskennallinen arvio kaava-alueen liikenteen hiilijalanjäljestä rakennustyypeittäin, suhteutettuna kyseisen rakennustyyppin kerrosalaan.

5.2 Laskennan ulkopuolelle jäävät ilmastopäästöt ja tarkastelunäkökulmat

5.2.1 Maaperän ja kasvillisuuden hiilivarastot

Kaava-alueella ei sijaitse lähtötilanteessa merkittäviä viheralueita (kuva 8), joten alueen kehittämisen vaikutukset olemassa olevaan kasvillisuuden ja maaperän hiilitaseeseen ovat vähäiset. Alueelle rakennetaan runsaasti uusia puistoalueita. Näiden hiilivarastot tulevat olemaan kymmenien vuosien päästä selkeästi nykyisiä varastoja suuremmat. Ilman erityisiä hiilensidontaan keskittyviä toimenpiteitä vaikutus on kuitenkin vähäinen suhteessa alueen muihin päästöihin. Alkuvaiheessa uudet istutetut puut voivat olla jopa päästölähde (Havu ym. 2022).

Sekä menetettävän että uuden viherrakenteen vaikutukset alueen hiilitaseeseen ovat merkitykseltään vähäiset suhteessa alueen elinkaaren muihin ilmastovaikutuksiin. Maaperän ja kasvillisuuden hiilivarastoja ei ole sisällytetty laskennalliseen arviointiin. Kasvualustojen hiilivarastojen vahvistaminen (mm. biohiili) voi kasvattaa mahdollisuuksia hiilen sidontaan viheralueilla.



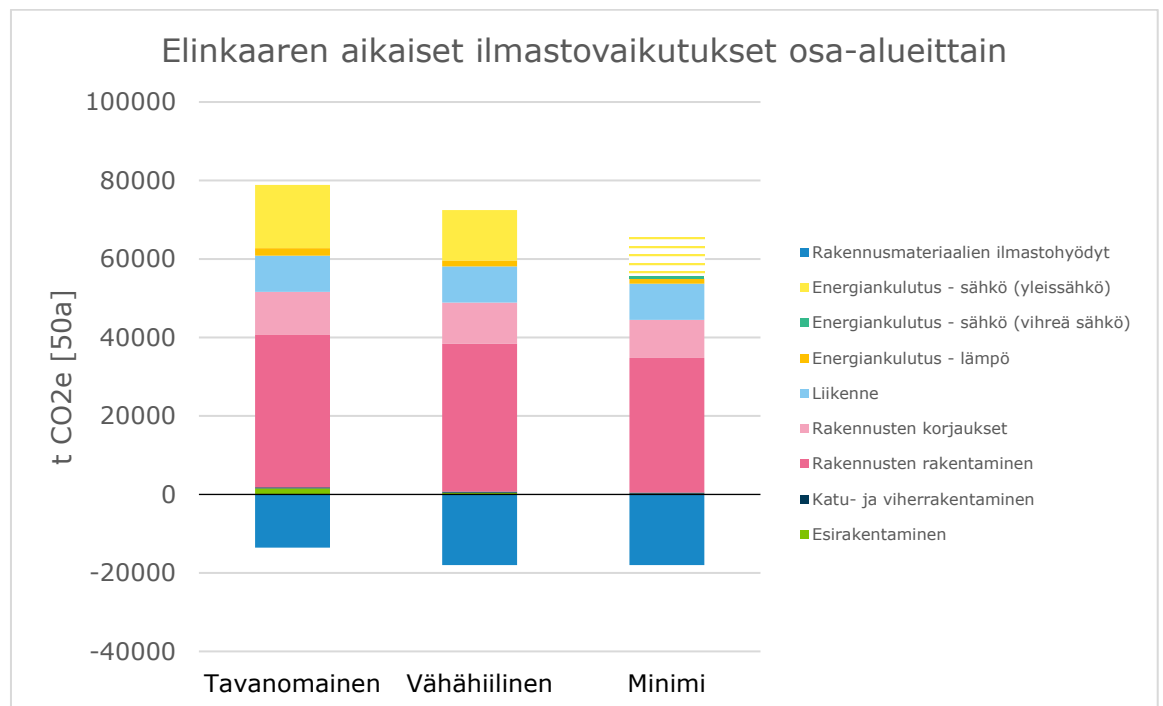
14.9.2023



Kuva 8. Ilmakuva alueesta (Espoon karttapalvelu)

5.3 Yhteenveto

5.3.1 Päästölaskennan tulokset



Kuva 9. Alueen laskennalliset elinkaaren aikaiset ilmastovaikutukset osa-alueittain. Minimi-vaihtoehdossa esitetty sähkönkulutus voisi olla lähes päästötöntä, jos alueen sähkö tuodaan ulkopuolisesta, yksinomaan tämän alueen tarpeita palvelemaan rakennetusta uusiutuvasta lähteestä.



14.9.2023

Keilaranta 220836 kaava-alueelle suunnitellaan hyvin korkeaa ja tehokasta rakentamista erinomaisten joukkoliikenneyhteyksien ääreen. Alueen rakentamiselle arvioidut 50 vuoden elinkaaren aikaiset laskennalliset ilmastopäästöt ja rakennusmateriaalien ilmastohyödyt on visualisoitu kuviin 9–11.

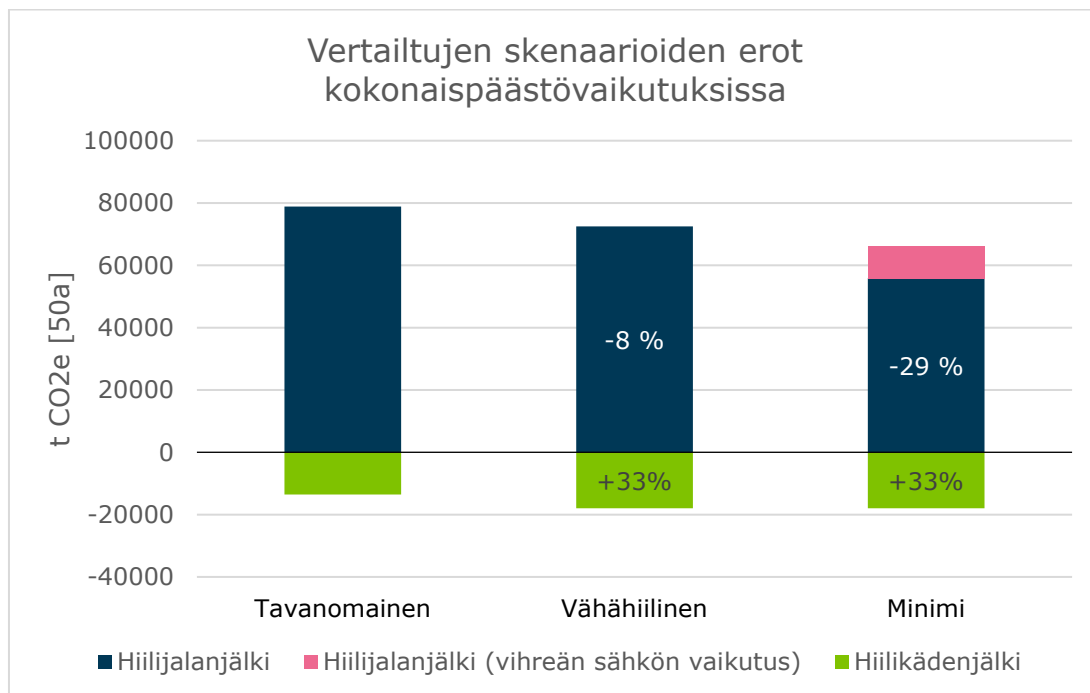
Alueen korkeasta rakentamistehokkuudesta johtuen merkittävimmät ilmastovaikutukset alueella aiheuttavat rakennusten rakentaminen, ylläpito ja energiankulutus. Meritäyttöjen ilmastovaikutukset jäävät hyvin vähäisiksi suhteutettuna muihin alueen rakentamisen päästöihin, sillä että täyttöalue on melko matalaa eikä siten edellytä massiivisia täyttömääriä.

Merkittävimmät mahdollisuudet alueen ilmastopäästöjen hillintään voidaan saavuttaa rakennusten energiatehokkuutta ja paikallista aurinkoenergian tuotantoa lisäämällä. Myös vihreä ostosähkö tarjoaa mahdollisuuden merkittävään laskennalliseen päästövähennykseen. On kuitenkin huomattava, että sen vaikutus syntyviin ilmastopäästöihin on huomattavasti epävarmempi verrattuna paikallisesti alueella toteutettaviin toimenpiteisiin.

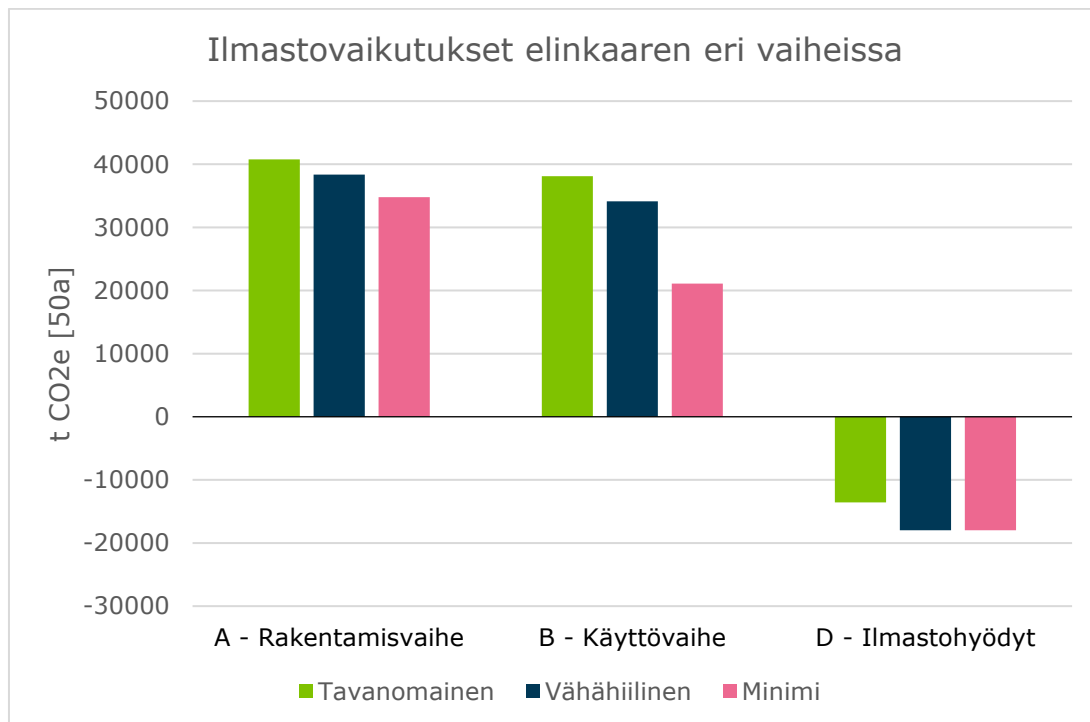
Päästölaskennassa ei ole huomioitu kaava-alueen kasvillisuuden ja maaperän hiilitaseen muutoksia, jotka on arvioitu alueen elinkaaren aikaisten ilmastovaikutusten kokonaisuudessa merkitykseltään hyvin pieniksi.



14.9.2023



Kuva 10. Vertailtujen skenaarioiden erot laskennallisissa alueen elinkaaren aikaisissa kokonaispäästövaikutuksissa, suhteutettuna tavanomaiseen skenaarioon. Minimiskenaarion prosentuaalinen päästövähennys sisältää vihreän sähkön vaikutuksen. Ilman sen huomioimista päästövähennys minimiskenaariorissa olisi -16 %.



Kuva 11. Alueen laskennalliset elinkaaren aikaiset ilmastovaikutukset elinkaarivaiheittain. Minimiskenaarion käyttövaiheen hiilikädenjäljessä on huomioitu vihreän sähkön vaikutus.



14.9.2023

5.3.2 Suositukset ilmastovaikutusten hillintään jatkosuunnittelussa

Merkittävimmät mahdollisuudet alueen ilmastopäästöjen hillintään jatkosuunnittelussa liittyvät rakennusmateriaalien ja rakennusten energiankulutuksen ilmastovaikutuksiin. Merkittävimmät tunnistetut keinot alueen elinkaaren aikaisten ilmastovaikutusten hillintään on koottu alla olevaan taulukkoon.

Ilmastopäästöjen hillinnän keino	Suhteellinen vaikutus ⁹	Vaikutuksen suuruusluokka ¹⁰	Vaikutuksen varmuus	Toimenpiteen toteutettavuus
Meritäytöt: ylijäämälouheen käyttö ja louheen kuljetusmatkan minimointi	Hyvin merkittävä vähennys meritäyttöjen toteutuksen päästöihin	Pieni suhteessa alueen rakentamis-vaiheen kokonais-päästöihin	Korkea	Kohtalainen, riippuu hankkeiden aikataulujen yhteen-sovittamisesta.
Vähähiiliset rakennus-materiaalit (rakennukset ja yleiset alueet)	Kohtalainen vähennys rakennusten ja yleisten alueiden rakentamisen päästöihin	Merkittävä suhteessa alueen rakentamis-vaiheen kokonais-päästöihin	Korkea	Kohtalainen, ristiriitoja teknis-taloudellisen toteutettavuuden kanssa.
Energiankulutus: Rakennusten korkea energiatehokkuus ja paikallinen aurinko-energian tuotanto	Merkittävä vähennys alueen energian-kulutuksen päästöihin	Hyvin merkittävä vähennys alueen elinkaaren kokonais-päästöihin	Epävarma – riippuu energian-tuotannon tulevista päästö-kehityksestä	Korkea
Rakennus-materiaalien ilmastohyödyt: puurakenteinen toimistorakennus	Hyvin merkittävä lisäys rakennusmateriaalien ilmastohyötyihin		Ilmastohyötyjen arviointiin ja toteutumiseen liittyy paljon epävarmuuksia	Korkea

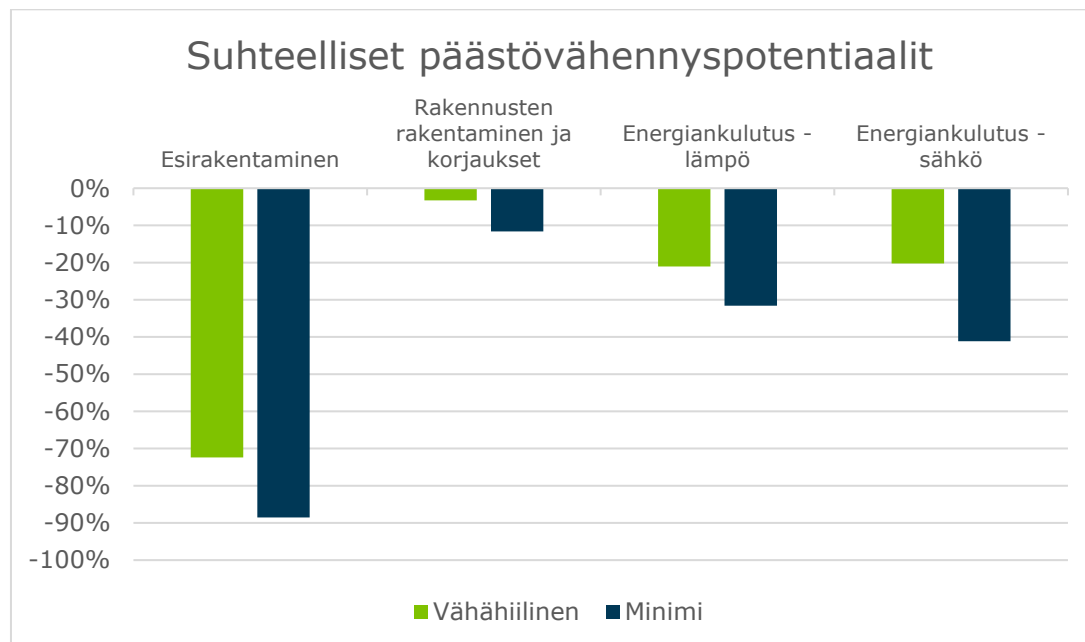
⁹ Suhteellisella vaikutuksella tarkoitetaan toimenpiteen prosentuaalista vaikutusta tarkastellun osa-alueen ilmastovaikutuksiin (ks. tarkemmin kuva 11).

¹⁰ Vaikutuksen suuruusluokalla tarkoitetaan määrällistä vaikuttavuutta suhteessa kaava-alueen elinkaaren kokonaisilmastovaikutuksiin (ks. tarkemmin kuva 12).

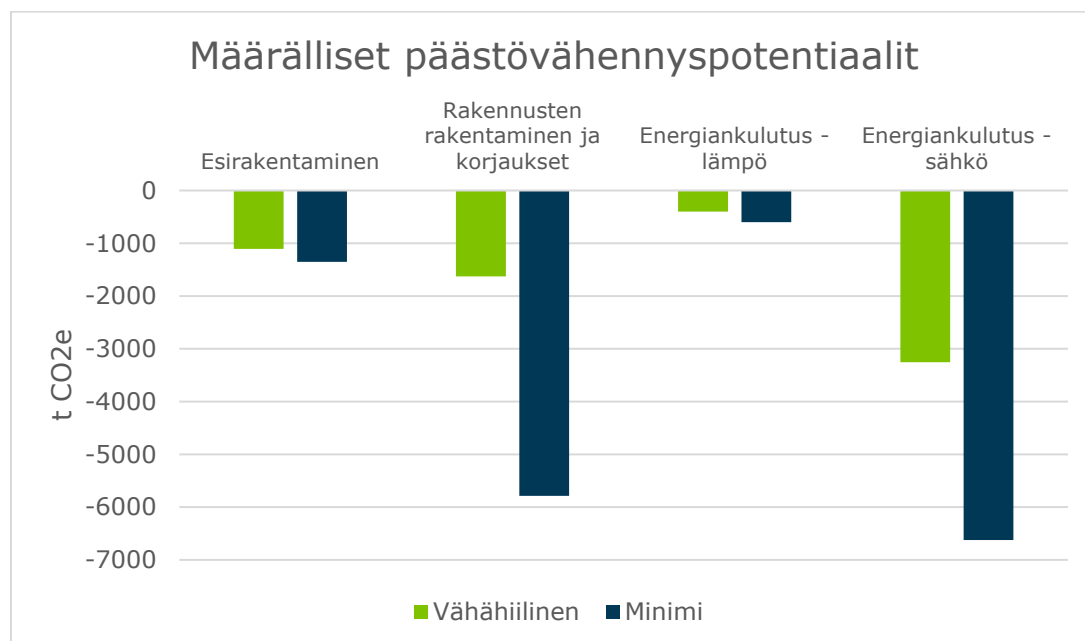


14.9.2023

Tarkasteltujen skenaarioiden laskennallisia vaikutuksia kaava-alueen elinkaaren aikaisiin ilmastopäästöihin on havainnollistettu myös kuvissa 12 ja 13. Skenaarioissa käytetyt oletukset on koottu yhteen taulukkoon 7 päästölaskennan tulosten tulkinnan tueksi.



Kuva 12. Vähähiilisen ja minimiskenaarion prosentuaalinen vaikutus tarkasteltujen osa-alueiden hiilijalanjälkeen verrattuna tavanomaiseen vaihtoehtoon.



Kuva 13. Vähähiilisen ja minimiskenaarion määrällinen vaikutus tarkasteltujen osa-alueiden hiilijalanjälkeen verrattuna tavanomaiseen vaihtoehtoon.



14.9.2023

Taulukko 7. Vertailluissa skenaarioissa käytetyt oletukset.

Arvioinnin osio	Tavanomainen	Vähähiilinen	Minimi
Esirakentaminen: täytöt	Neitseellinen louhe, kuljetusmatka 40 km	Ylijäämälouhe toisesta hankkeesta, kuljetusmatka 20 km	Ylijäämälouhe toisesta hankkeesta, kuljetusmatka 0,3 km
Rakennusten rakentaminen: uudisrakennusten runkomateriaali	Betoni	Betoni (tornitalot), puu (Valovirta- toimistorakennus)	Vähähiilinen betoni (tornitalot), puu (Valovirta- toimistorakennus)
Energiankulutus: rakennusten energiatehokkuus	Rakennusten e- luku määräystason mukainen	E-luku -30% määräystasosta (hotelli) / A-energialuokka (muut rakennukset)	A-energialuokka (hotelli) / E-luku -30% määräystasosta (muut rakennukset)
Energiankulutus: sähkön alkuperä	Verkkosähkö	Verkkosähkö	Vihreä energia ¹¹

Laskennalliseen arviointiin sisältyneiden tekijöiden lisäksi jatkosuunnittelussa kannattaa tutkia seuraavia merkittäviä mahdollisuuksia ilmastopäästöjen hillintään ja ilmastohyötyjen kasvattamiseen alueella:

- **rakennusten muuntojoustavuus:** merkittävä potentiaali tulevaisuuden purkamisen ja rakentamisen päästöjen hillintään
- **pihojen ja yleisten alueiden viherrakenteiden hiilivarastojen vahvistaminen**
- **autoilun sähköistymisen edistäminen** sähköautojen latausinfraan panostamalla
- **pyöräilyn edellytyksiin panostaminen** (laadukkaat reitti-, säilytys- ja ylläpitoratkaisut)
- **rakennusautomaatio ja sähkön kysyntäjoustopotentialin mahdollistaminen**

¹¹ rakennuttajan omistukseen jääviin rakennuksiin hankitaan alkuperätakuulla vahvistettua vihreää sähköä



14.9.2023

5.3.3 Laskelmiin liittyvät epävarmuudet

Laskennallisen arvioinnin tulokset kuvaavat ilmastovaikutusten karkeaa suuruusluokkaa, eikä niitä tule käsitellä tarkkoina arvioina. Arvioinnissa käytetyt päästökertoimet ovat aina vain parhaita tämänhetkisiä arvioita, sillä tulevaisuuden päästökehityksestä ei ole vielä varmaa tietoa. Kaavavaiheen suunnittelussa myöskään rakennusten suunnittelu ei ole vielä siinä vaiheessa, että arvioinnissa voitaisiin käyttää tarkkoja laskelmia esimerkiksi rakennusten energiankulutuksesta, vaan arvio pohjautuu niiden sijaan tyypillisiin uudisrakennuksiin pohjautuviin keskiarvo-oletuksiin.

Keskeisimmät laskennalliset epävarmuudet arvioinnissa liittyvät liikenteen laskennallisiin ilmastovaikutuksiin, joiden arviointi pohjautuu hotellin ja toimistorakennusten aiheuttaman liikennesuoritteen osalta hyvin epätarkkoihin lähtötietoihin. Toinen keskeinen epävarmuus liittyy energiantuotannon päästökehityssennusteisiin, jotka kuvaavat kaukolämmön ja sähkön tuotannon päästökehitystä pitkälle tulevaisuuteen. Jo nyt on viitteitä siitä, että sähköntuotannon päästöt tulevat todennäköisesti laskemaan kansallisesti ennustettua nopeammin. Kaukolämmön osalta Fortumin oma ennuste kaukolämmön tuotannon päästökehityksestä kuvaa tavoitetilaa, jonka toteutumisesta ei ole vielä takeita – sen osalta on siis myös mahdollista, että päästöt todellisuudessa laskevat ennustettua hitaammin.

Myös meritäyttöalueen ruoppaukseen liittyy merkittäviä epävarmuuksia sen suhteen, ovatko ruopattavat sedimentit meriläjituskelpoisia. Arvioinnissa on oletettu sedimenttien soveltuvan meriläjitukseen, mutta mikäli ruopattavat sedimentit ovat pilaantuneita ja meriläjituskelvottomia, nousevat ruoppausmassojen käsittelyn ilmastovaikutukset arvioinnin lähteenä käytetyn selvityksen mukaan jopa 40-kertaisiksi.

Viimeaikaiset selvitykset (Rodrigues ym. 2020) myös osoittavat, että erityisesti toimistorakennuksissa vaihtuvien käyttäjien tarpeista lähtevät muutokset eikantavissa rakenteissa ja sisustuksessa voivat edustaa huomattavasti isompaa osaa elinkaaren päästöistä, kuin mitä on yleensä arvioitu.



14.9.2023

6 Vaikutukset ilmastonmuutokseen sopeutumiseen

Suomen ilmastopaneelin mukaan Uudenmaan keskilämpötila tulee vuosisadan lopulla olemaan noin 1,7–2,8 astetta nykyistä korkeampi, ja vuotuiset sademäärät tulevat kasvamaan 5–7 %. Suurimpia muutoksia lämpötiloissa ja sademäärissä on ennustettu talvikuukausille. Espoon rannikkoalue on myös merkittävää meritulvien riskialuetta etenkin ennustetun meren pinnan nousun myötä. Myös rankkasateiden myötä riskit hulevesitulville tulevat kasvamaan merkittävästi. (Gregow ym., 2021)

Merkittävimpiä äärevöityviin sääilmiöihin liittyviä riskejä ja kaava-alueen suunnittelussa huomioituja sekä jatkosuunnittelussa tarkennettavia sopeutumisen keinoja on koottu alla olevaan taulukkoon. Muuttuva ilmasto vaikuttaa myös rakentamisessa vaadittaviin rakenneteknisiin ominaisuuksiin, joissa on huomioitava jäätymissyklistä johtuva rapautuminen, kuumen ja kostean ilman aiheuttama kosteuspaine ja lisääntyvät viistosateet.

Sääilmiö	Oletetut riskit	Riskien huomioiminen suunnittelussa
Tuulisuus, myrskyt ja viistosateet	- Tuulisuus tulee voimistumaan tulevaisuudessa etenkin syksyisin. - Vakavien myrskyjen todennäköisyys kasvaa ilmastonmuutoksen edetessä. - Korkea rakentaminen ja sijainti meren rannalla altistavat tuulisuuden ja myrskyjen vaikutuksille. - Lisääntyvä sateisuus yhdistyneenä tuulisuuteen rasittaa rakenteita (viistosateet).	- Pienilmaston huomioiminen suunnittelussa. Katu- ja aukiotiloihin on suunniteltu tuulelta suojaavia tiiviitä istutuksia ja pergolamaisia rakenteita. - Pitkäaikaiseen oleiluun suunniteltujen alueiden ja pyöräteiden suojaaminen. Suunnitelmia on edistetty tuulimallinnusten avulla. - Tuulisuuden ja viistosateet huomioivat rakenneratkaisut tarkemmassa suunnittelussa. - Rantarakentamisen suunnittelu voimistuvaan aallokkoon sopeutuvaksi.
Tulvat	- Meritulvariskit merkittävät ranta-alueella. Merenpinnan nousu ja lisääntyvät myrskyt kasvattavat meritulvien riskiä. - Rankkasateiden aiheuttamien hulevesitulvien riskit lisääntyvät	- Riittävät tulvakorot ja -suojaukset. Keilaniemenrannan ilmastokestävän rantavision (2020) mukaan ranta-alueen turvallinen rakentamiskorko on +3.55 (ylin tulvakorko +2.8 + aaltoiluvara 0.75 m). - Hulevesien hallinta ja hyödyntäminen: riittävät läpäisevät pinnat, tulvareittien suunnittelu. Kaava-alueelle on laadittu hulevesien hallintasuunnitelma joka



14.9.2023

Sääilmiö	Oletetut riskit	Riskien huomioiminen suunnittelussa
		sisältää rinnakkaisen tulvaviemärin ja maanpinnan muotoihin perustuvan tulvareitin
Lisääntyvät hellejaksot	- Lisääntyvillä hellejaksoilla ja niiden lämpökuormituksella on terveydellisiä vaikutuksia vanhuksiin ja riskiryhmiin sekä vaikutuksia viihtyvyyteen. - Lisääntyvä rakennusten jäähdytystarve kasvattaa energiankulutusta kesäaikana	- Kasvillisuuden ja rakentamisen yhteensovittaminen: varjostava ja haihduttava kasvillisuus. Pitkäaikaiseen oleiluun tarkoitettuja alueita myös varjosiin paikkoihin. - Kaava-alueelle on laadittu yleisten alueiden suunnitelma, jossa alueelle esitetään runsasta viherrakentamista. Suunnittelussa käytetään Espoon kaupungin ohjeen mukaista viherkerrointa. Katu- ja aukiotiloihin on suunniteltu helteeltä suojaavia pergolarakenteita. Myös rakennuksiin on suunniteltu viherkattoja ja -terasseja. - Aurinkosuojauksen huomioiminen, erityisesti asuinrakennuksissa, jotta rakennukset eivät ole liian riippuvaisia koneellisesti jäähdytyksestä. - Lämpösaarekeilmiön hillintä: vähemmän lämpöä varastoivien rakennusmateriaalien valinta ja rakennusten viilennysjärjestelmät.
Lisääntyvät -/+0- lämpötilat	Kasvavat liukastumisriskit talvisin, rakenteiden rapautuminen	+/-0 lämpötilavaihtelun huomioiminen pihojen ja yleisten alueiden materiaalissa ja hoidossa - Rapautumisriskin huomioiminen ulkotilojen materiaali- ja rakenneratkaisuissa



14.9.2023

7 Lähteet

Bionova, 2021. *Carbon Footprint Limits for Common Building Types*.

Espoon kaupunki 2022. *Osallistumis- ja arviointisuunnitelma. Keilaranta. Asemakaavan muutos*. Asianumero 2849/10.02.03/2022. Aluenumero 220836

Flou Oy (2020). *Uuden asuinalueen liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen arviointi*. Osana selvitystä: Kohti hiilineutraalia kaupunkia – millä on merkitystä? Helsingin kaupunki, 2020.

Fortum. *Kaukolämmön tuotannon hiilidioksidin ominaispäästöt ja tuotantojakauma*. Luettu 6.2.2023. Saatavilla: <https://www.fortum.fi/yrityksille-ja-yhteisöille/lammitys-ja-jaahdytys/kaukolampo/kaukolampoa-yha-puhtaammin/kaukolammon-tuotantoluvut>

Gregow, H., Mäkelä, A., Tuomenvirta, H., Juhola, S., Käyhkö, J., Perrels, A., Kuntsi-Reunanen, E., Mettiäinen, I., Näkkäläjärvi, K., Sorvali, J., Lehtonen, H., Hildén, M., Veijalainen, N., Kuosa, H., Sihvonen, M., Johansson, M., Leijala, U., Ahonen, S., Haapala, J., Korhonen, H., Ollikainen, M., Lilja, S., Ruuhela, R., Särkkä, J. & Siiriä, S-M., 2021. *Ilmastomuutokseen sopeutumisen ohjauskeinot, kustannukset ja alueelliset ulottuvuudet*. Suomen ilmastopaneelin raportti 2/2021.

Havu, M., Kulmala, L., Kolari, P., Vesala, T., Riikonen, A., ja Järvi, L. 2022. *Carbon sequestration potential of street tree plantings in Helsinki*

Henkilöliikennetutkimus (HLT) 2016. *Seutukohtaiset tulokset: Helsingin seutu*. HSL – HELMET-liikennemalli, skenaario 2040 MAL2023 VE0.

Infrarakentamisen päästötietokanta. Suomen Ympäristökeskus & Väylävirasto, 2022. Saatavilla: <https://co2data.fi/infra>

Kalenoja, H., Vihanti, K., Voltti, V., Korhonen, A. ja Karasmaa, N. (2008) *Liikennetarpeen arviointi maankäytön suunnittelussa*. Ympäristöministeriö.

Liikenne- ja viestintäministeriö (2021) *Liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen perusennuste 2020-2045*. Taulukot. Saatavilla: <https://lvm.fi/-/ennuste-tieliikenteen-paastot-laskevat-hieman-ennakoitua-nopeammin-syyna-sahkoautojen-yleistyminen-1509917>

Nomaji maisema-arkkitehdit Oy, 2020. *Keilaniemen ilmastonkestävä rantavisio*

Puurunen, E., Mattinen-Yuryev, M. & Soininen, S., 2021. *Helsingin asemakaavojen vähähiilisyyden arviointimenetelmä (HAVA)*. Helsingin kaupunki / kaupunkiympäristön toimiala.

Rakentamisen päästötietokanta. Suomen Ympäristökeskus & Väylävirasto, 2022. Saatavilla: <https://co2data.fi/rakentaminen>



14.9.2023

Ramboll Finland oy, 2020. Vartiokylänlahden esirakentaminen: päästölaskelma. Liitteenä raportissa: Helsingin kaupunki, 2020. *Kohti hiilineutraalia kaupunkia – millä on merkitystä?*

Rehunen, A. (2019) *Päivittäisen liikkumisen tunnusluvut ja hiilidioksidipäästöt kaupunkiseutujen vyöhykkeillä 2017 sekä maaseutualueilla*. Suomen ympäristökeskus.

yhdyskuntarakenteen vyöhykkeillä 2017 sekä maaseutualueilla Rodrigues ym. 2020. Mechanical, electrical, plumbing and tenant improvements over the building lifetime: Estimating material quantities and embodied carbon for climate change mitigation. *Energy and Buildings*.

SYKE (Suomen ympäristökeskus), 2016. *KEKO-laskennan kuvaus, 2016-04 Energia, kasvihuonekaasupäästöt ja luonnonvarojen käyttö: rakennuskanta, uudisrakennukset ja energiakorjaukset, energiantuotanto, liikenneverkko*.

