

Vastaanottaja  
**Helsingin kaupunki, Rakennetun omaisuuden hallinta**

Asiakirjatyyppi  
**Projektin loppuraportti**

Päivämäärä  
**Joulukuu, 2020**

# HELSINGIN LPK HANKKEIDEN HIILIJALANJÄLKILASKENNAN KEHITYS PROJEKTIN LOPPURAPORTTI



# HELSINGIN LPK HANKKEIDEN HIILIJALANJÄLKILASKENNAN KEHITYS PROJEKTIN LOPPURAPORTTI

Projekti **Helsingin LPK hankkeiden hiilijalanjälkilaskennan kehitys**  
Vastaanottaja **Anni Tyni, Helsingin kaupunki, Rakennetun omaisuuden hallinta**  
Asiakirjatyyppi **Projektin loppuraportti**  
Päivämäärä **12.12.2020**  
Laatijat ja tarkastus: **Sanni Heikkinen  
Laura Majoinen  
Heidi Sell  
Juha Aro  
Krista Kuusela**

Ramboll  
PL 25  
Itsehallintokuja 3  
02601 ESPOO

P +358 20 755 611  
F +358 20 755 6201  
<https://fi.ramboll.com>

## SISÄLTÖ

<b>1.</b>	<b>Johdanto</b>	<b>2</b>
<b>2.</b>	<b>Hiilijalanjätkilaskennan nykytila</b>	<b>3</b>
2.1	Hiilijalanjätkilaskennan nykytila palvelurakennushankkeessa	3
2.2	Helsingin kaupungin rakennuttamisen prosessi	3
2.3	Helsingin kaupungin rakennuttamisen elinkaaritavoitteet	4
2.3.1	Energiatehokkaan palvelurakennuksen suunnitteluohje	5
2.3.2	Hiilijalanjätkilaskennan tavoitteet	6
2.3.3	Tavoitteiden seuranta	6
2.3.4	Hiilijalanjäljen laskennan hankinta	7
2.4	Johtopäätökset hiilijalanjätkilaskennan ja ohjauksen nykytilasta	8
<b>3.</b>	<b>Tavoitetaso</b>	<b>9</b>
3.1	Hiilijalanjäljen vertailutaso ja hiilijalanjäljen osatekijät	9
<b>4.</b>	<b>Hiilijalanjätkilaskennan prosessi</b>	<b>12</b>
4.1	Ohjeet laskennan toteutukselle ja poikkeukset alustavaan laskentaan	15
4.2	Raportoinnin vaatimukset	16
<b>5.</b>	<b>Vähähiilisyyteen vaikuttavat ratkaisut päiväkotihankkeessa</b>	<b>17</b>
<b>6.</b>	<b>Hiilijalanjätkilaskennan tulokset esimerkkipäiväkotihankkeista</b>	<b>18</b>
<b>7.</b>	<b>Yhteenveto ja jatkosuositukset</b>	<b>20</b>
<b>Lähteet</b>	<b>21</b>	

## 1. JOHDANTO

Rakennuksen hiilijalanjäljen määrittäminen mahdollistaa sen elinkaaren kasvihuonekaasupäästöjen pienentämisen huolellisen ennakkosuunnittelun avulla. Tyypillisessä hiilijalanjäljen arvioinnissa huomioidaan koko rakennus, tontin rakenteet sekä keskeinen osa taloteknisistä järjestelmistä. Elinkaareen sisältyvät rakennustuotteiden valmistus, kuljetukset ja työmaatoiminnot, käyttö ja korjaukset sekä purku ja kierrätys.

Ympäristöministeriö (YM) on kehittänyt suomalaisen rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmän, joka on julkaistu koekäyttöä varten 8/2019. Menetelmä on osa tiekarttaa, jonka avulla Ympäristöministeriö on tuomassa hiilijalanjäljen määrittämisen osaksi rakentamisen säädösohjausta vuoteen 2025 mennessä.

Hiilijalanjäljen määrittäminen rakennettavalle kohteelle on kasvanut suosiotaan ja monet rakennuttajat, mukaan lukien Helsingin kaupunki, ovat vapaaehtoisesti alkaneet määrittämään kohteen hiilijalanjälkeä osana rakennusprojekteja. Hiilijalanjäljen määrittäminen on ensimmäinen askel kohti vähähiilisempää rakentamista, mutta hyödyt laskennasta saadaan vasta, kun laskenta on kiinteä ja selkeä osa suunnitteluprosesseja ja mukana jo hankkeen alkuvaiheista saakka niin, että laskenta tukee vähähiilisten ratkaisujen valintaa hankkeen aikana.

Ramboll tutki yhteistyössä Helsingin kaupungin Rakennetun omaisuuden hallinnan -palvelun kanssa mahdollisuuksia kehittää hiilijalanjälkihajausta Helsingin päiväkotihankkeiden hiilijalanjälkilaskennan kehitys projektissa. Projekti on osa Energiaviisaat kaupungit hankekokonaisuutta. Tälle raportilla on koottu projektin keskeiset työvaiheet ja niiden tulokset.

Päätösten ohjaamiseksi kohti vähähiilisyyttä ja vähähiilisyyteen vaikuttavien ratkaisujen hahmottamiseksi hankkeen keskeisinä tavoitteina oli:

- Määrittellä prosessi, jonka mukaisesti hiilijalanjälki on kannattavaa arvioida hankkeen eri vaiheissa niin, että laskenta toteutetaan oikea-aikaisesti ja sillä pystytään ohjaamaan rakentamista vähähiilisempään suuntaan Helsingin kaupungin hankkeissa
- Koota olemassa olevan tiedon pohjalta ymmärrys päiväkotihankkeen hiilijalanjäljen tavoitetasosta
- Antaa suosituksia ja esimerkkejä hankkeen eri vaiheissa vertailtavista ratkaisuista
- Määrittää esimerkkikohteiden alustava hiilijalanjälki 1-2 kertaa hankkeen aikana sekä arvioida valittujen vertailuratkaisujen vaikuttavuutta hiilijalanjälkeen

Hankkeeseen valittiin pilotointiin kaksi päiväkotihanketta, joissa Ramboll Finland vastaa elinkaariasiantuntijan tehtävistä. Hankkeita oli tarkoitus käyttää menetelmien pilotointiin, niin kuin se suunnittelun ja tämän projektin aikataulun puitteissa oli mahdollista. Hankkeen tavoitteita edistettiin kullekin tavoitteelle soveltuvin menetelmin:

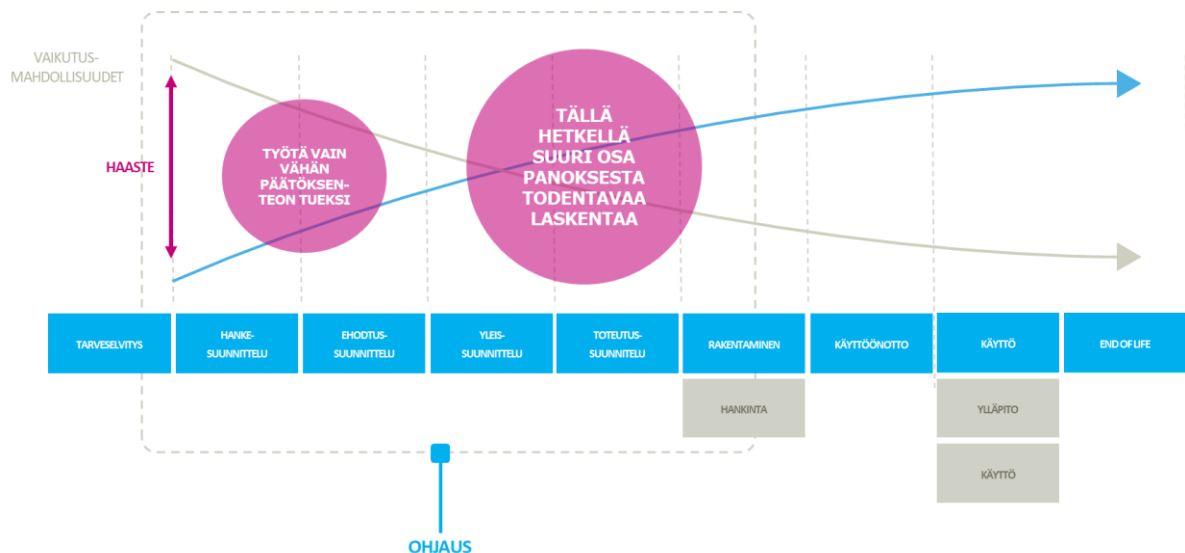
- Prosessin määrittäminen: Rambollin asiantuntijatyöpajat, Rambollin ja Helsingin kaupungin yhteinen asiantuntijatyöpaja
- Taustaselvitys ja tavoitetaso: Helsingin rakennuttamisen prosessin ja hiilijalanjälkiraporttien katsaus
- Suositukset vähähiilisille ratkaisuille: suunnittelualakohtaiset haastattelut
- Alustavat hiilijalanjälkilaskennat: laskennalliset tarkastelut

## 2. HIILIJALANJÄLKILASKENNAN NYKYTILA

### 2.1 Hiilijalanjälkilaskennan nykytila palvelurakennushankkeessa

Helsingin kaupunki on toteuttanut hiilijalanjälkilaskentoja useissa rakennushankkeissaan. Laskentojen menetelmät ja raportointitavat ovat vaihdelleet. Ohjaava vaikutus suunnitteluun on toistaiseksi laskennoissa ollut vähäinen. Kuvassa 1 hahmotetaan hiilijalanjälkilaskennan nykytilaa osana yleistä hankeprosessia. Työ on suurelta osin toteavaa ja vaikutusmahdollisuudet vähähiilisyiden ratkaisuihin pienenevät hankkeen edetessä. Toisaalta lähtötietojen saaminen hankkeen alussa, kun monet ratkaisut ovat vielä päättämättä, on haastavaa. Laskentaa on kuitenkin mahdollista toteuttaa erilaisin oletuksin.

Kaupungin hankintaprosessissa hiilijalanjälkilaskenta on osoitettu elinkaariasiantuntijan tehtäviin, mutta elinkaariasiantuntijalle on suuri haaste toteuttaa hiilijalanjälkilaskentaa ohjaavasti ja oikea-aikaisesti, koska toteutukseen ei toistaiseksi ole vakiintuneita käytäntöjä. Toteutuksen haasteina ovat mm. lähtötietojen saatavuus, suunnitteluratkaisujen ja ohjauksen vastuiden jakaminen sekä hankeprosessien päätöksentekopisteiden tunnistaminen oikea-aikaisen laskennon toteuttamiseksi.



Kuva 1. Hiilijalanjälkilaskennan nykytila. (Ramboll 2020)

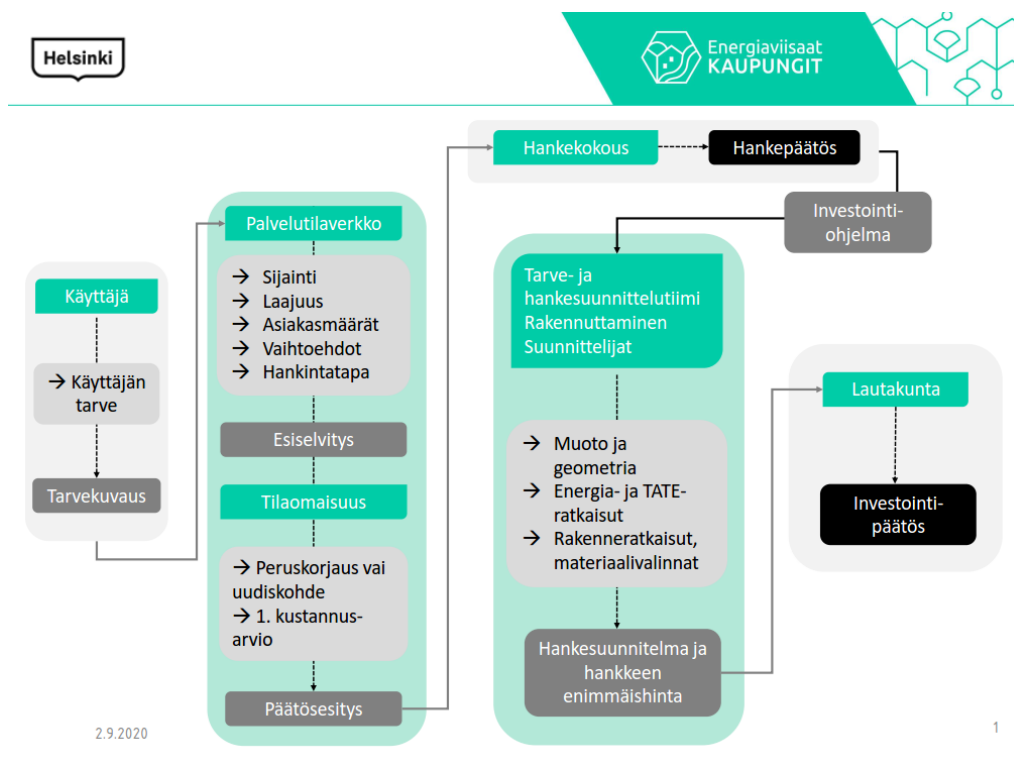
### 2.2 Helsingin kaupungin rakennuttamisen prosessi

Helsingin kaupungin rakennuttamisprosessi on kuvattu kaupungin toimintakuvauksissa. Tämän työn tavoitteena oli pohtia hiilijalanjälki-ohjauksen toteuttamista kaupungin tavanomaisen prosessin vaiheiden kautta. Rakennuttamisen prosessi eroaa nimikkeiltään ja vaiheisällöltään merkittävästi RT-kortin mukaisesti rakennuttamisprosessin kuvauksesta. Merkittävin ero on hankesuunnitteluvaiheessa, jossa suunnitelmat viedään verrattain pitkälle. Vaiheen päätöspisteessä suunnitelmien avulla on mahdollista määrittää hankkeelle enimmäiskustannukset. Tämän jälleen ennen rakentamista on kaupungin hallinnollisia ja päätöksen teon prosessivaiheita sekä toteutussuunnittelu, jonka aikana tuotetaan rakennuslupasuunnitelmat sekä RT-kortin toteutussuunnitteluvaiheen mukaiset suunnitelmat.

### 2.2.1.1 Palvelutilaverkkotarkastelu

Osana Energiaviisaat kaupungit hanketta Helsingin kaupunki on aiemmassa projektissaan kehittänyt menetelmää, jonka tarkoituksena on ollut tutkia hiilijalanjäljen ja kustannusten elinkaarivaikutuksia osana palvelutilaverkkotarkastelua. Työn tavoitteena on ollut selvittää elinkaarivaikutuksia skenaarioista, joilla vastataan havaittuun palvelutarpeeseen. Palvelutiloiksi oletetaan koulut, päiväkodit, kirjastot, terveysasemat, vanhainkodit sekä muut sote-tilat.

Kehitetyn menetelmän mukaisesti palvelutilaverkkotarkastelu toteutetaan ennen investointiohjelman laatimista ja tarve- ja hankesuunnittelua, joten se voidaan toteuttaa ennen tämän projektin tarkastelun kohteena olevaa hanketason hiilijalanjälkihojausta. Palvelutilaverkkotarkastelun hiilijalanjälkilaskenta tehdään karkeammalla tasolla kuin tässä projektissa kuvattu hanketasoinen hiilijalanjälkilaskenta. Hiilijalanjäljen laskenta osana palvelutilaverkkotarkastelua ei toistaiseksi ole vakiintunut toimintamalli, mutta se mahdollistaisi hiilijalanjälki vaikutusten huomioinnin ennen hankepäätöstä sekä päästöihin vaikuttamisen niiden päätösten osalta, jotka hankevaiheessa on jo tyypillisesti kiinnitetty mm. sijainti ja uudisrakentamisen tarve.

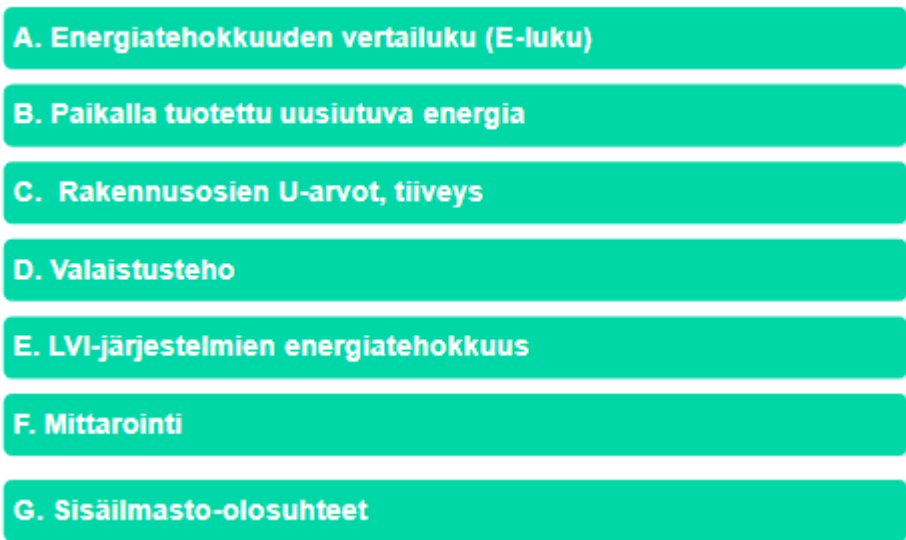


Kuva 2. Palvelutilaverkkotarkastelun yksinkertaistettu prosessikuvaus. (Helsingin kaupunki 2020)

### 2.3 Helsingin kaupungin rakennuttamisen elinkaaritavoitteet

Helsingin kaupunkistrategiassa 2017-2021 tavoitteeksi on asetettu hiilineutraali Helsinki vuoteen 2035 mennessä. Tavoite edellyttää kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistä 80 prosentilla. Rakennusten energiankäytölle päästövähennystavoitteeksi on asetettu 82 prosenttia vuosina 1990-2035.

Hiilineutraali Helsinki -strategian ja muiden kaupungin sitoumusten tavoitteet tuodaan rakennushanketasolle muun muassa elinkaariohjauksen tavoitteiden kautta. Tavoitteissa on tähän saakka painotettu energian käytön vaatimuksia. Kaikille hankkeille on asetettu yhteisiä vaatimuksia alla olevan kuvan mukaisille osa-alueille, jotka on esitetty kaupungin Energiategokkaan palvelurakennuksen suunnitteluohjeessa.



**Kuva 3.** Hankkeille on asetettu yhteiset tavoitteet seuraavilla osa-alueilla liittyen ilmastovaikutusten vähentämiseen. (Helsingin kaupunki, Rakennetun omaisuuden hallinta 2020.)

### 2.3.1 Energiategokkaan palvelurakennuksen suunnitteluohje

Elinkaarisuunnittelijan tehtäviin liittyvät tavoitteet on koottu hiljattain yhteen Kaupunkiympäristötoimialan Rakennetun omaisuuden hallinta -palvelun kokoamaan ohjeeseen. Ohje on tarkoitettu työkaluksi tilahankkeisiin osallistuville suunnittelijoille. Ohjeistusta on kaikille suunnittelualoille ja lisäksi ohje sisältää elinkaarisuunnittelun tehtäväkuvauksen ja lähtötietoja laskelmissa käytettäväksi.

Ohjeessa otetaan kantaa elinkaariasiantuntijan tehtäviin hiilijalanjälkilaskennan osalta seuraavasti:

”Elinkaarisuunnittelijan tehtävät hankkeessa liittyen hiilijalanjälkilaskentaan ja -ohjaukseen:

- toimia hankkeen energiategokkuuden, uusiutuvan energian, olosuhdehallinnan ja vähähiilisuuden parhaana asiantuntijana
- tutkia ja kommentoida vaihtoehtoisia suunnitteluratkaisuja niiden toteutettavuuden, kannattavuuden sekä päästövaikutuksen kautta
- selvittää uusiutuvan energian sekä muiden vähähiilisten suunnitteluratkaisuvaihtoehtojen toteutettavuus, päästövaikutus ja taloudellinen kannattavuus
- toimia tiiviissä yhteistyössä muiden suunnittelijoiden ja hankkeen sidosryhmien kanssa
- osallistua aktiivisesti suunnitteluun, ohjata muuta suunnitteluryhmää energiategokkuus-, vähähiilisyys- ja elinkaarikestävyyssnäkökulmasta sekä varmistaa tavoitteiden saavuttaminen kaikissa hankkeen vaiheissa
- pitää tilaajan energia-asiantuntija tietoisena hankkeen tilanteesta ja informoida jos suunnitelmiin tehdään muutoksia, jotka vaikuttavat energiaratkaisuun, tavoitekulutukseen, hiilijalanjälkeen, olosuhteisiin tai muihin elinkaaritavoitteisiin



- laatia kunkin suunnitteluvaiheenloppumateriaalin osaksi raportti, joka sisältää yhteenvedot suunnitteluvaiheen aikana tehdyistä selvityksistä ja laskelmista sekä niiden johtopäätöksistä
- koostaa kunkin suunnitteluvaiheen lopuksi elinkaaritavoitteiden seurantaraportti” (Helsingin kaupunki, Rakennetun omaisuuden hallinta 2020.)

### 2.3.2 Hiilijalanjälkilaskennan tavoitteet

Suoria mittaroituja tavoitteita hiilijalanjäljen suuruudelle ei ole toistaiseksi asetettu. Sen sijaan hankkeille on asetettu tavoitteeksi hiilijalanjäljen laskenta YM:n vähähiilisen rakentamisen arviointimenetelmän mukaisesti. Tämän lisäksi osassa hankkeista on tavoitteena suunnitteluratkaisujen (esim. runkoratkaisu, materiaalit, energiantuotantomuodot, jne.) vertailu niiden hiilijalanjäljen tai hiilijalanjälkivaikutuksen sekä elinkaarikustannusten perusteella ja tuloksia käytetään päätöksenteon tukena.

Alla on koottu yhteen hankkeiden hiilijalanjälkilaskentaa tällä hetkellä projekteissa ohjaavat tavoitteet.

**Hiilijalanjäljen laskentaa ohjaavat tavoitteet**

- Hankkeiden hiilijalanjälki määritetään YM:n rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmän mukaisesti
- Suunnitteluratkaisuja (esim. runkoratkaisu, materiaalit, energiantuotantomuodot, jne.) vertaillaan niiden hiilijalanjäljen tai hiilijalanjälkivaikutuksen sekä elinkaarikustannusten perusteella ja tuloksia käytetään päätöksenteon tukena
- Hiilijalanjälkeen vaikuttavat muut energiatehokkuuteen ja muuhun suunnitteluun liittyvät ohjeistukset mm.
  - Uusiutuva energia ja energiatehokkuustoimenpiteet

**Kuva 4. Hiilijalanjälkilaskennan ja -ohjauksen tavoitteet hankkeissa. (Helsingin kaupunki, Rakennetun omaisuuden hallinta 2020.)**

### 2.3.3 Tavoitteiden seuranta

Helsinki seuraa tavoitteiden toteutumista seurantataulukolla. Toteutetun kohteen seurannassa kirjataan kuvaus siitä, miten vaatimus on täytetty. Seurantataulukko on tarkoitettu käytettäväksi sekä kaupungin asiantuntijoille, että suunnitteluryhmän elinkaariasiantuntijalle hankkeen eri vaiheissa.

Tavoite	Yksiköt	Hankesuunnitelma	Toteutuksen hankesuunnitteluvaiheessa, liittyy päätöksiin
 <b>KAYTTÖIKÄ</b> • Rakennuksen elinikä tavoite on vähintään 100 vuotta	kaikki	<b>Toteutuu osittain</b>	Suunnittelussa otetaan huomioon pitkän elinikään liittyvä muuttavuuden vaatimus. Rakennusjärjestelmä, taloteknisillä asennuksilla ja tilasuunnittelulla pyritään mahdollistamaan huoneistojen myöhempi uudelleenjärjestäminen toiminnan mahdollisesti muuttuessa. Hankkeissa tavoitellaan pitkäikäisiä, energiatehokkaita ja helppöä huollettavaa rakennusta. Rakenteesi, materiaalit, kalusteet ja varusteet ovat kestäviä, kunnossattavia ja helppöä puhdistettavia.
	RAK: LMA SÄÄ	Epävarma tai arvioidaan vasta myöhemmin	Ei hankesuunnitteluvaiheen osia
 <b>EINKAAREN KUSTANNUKSET</b> • Suunnitteluratkaisuja (esim. runkoratkaisu, materiaalit, energiantuotantomuodot, jne.) vertaillaan niiden hiilijalanjäljen tai hiilijalanjälkivaikutuksen sekä elinkaarikustannusten perusteella. Tuloksia käytetään päätöksenteon tukena. • Viimeistään toteutusvaiheeseen asti laaditaan koko rakennuksen elinikään aikainen hiilijalanjälki ympäristöministeriön laskentamenetelmällä.	ELINK	<b>Toteutuu</b>	Energiantuotantomuotoverailussa on tarkastettu eri vaihtoehtojen elinkaarikustannuksia sekä niiden vaikutusta käytön alkuun päätösiin. Hankkeille tehdään hankesuunnitteluvaiheen lopuksi myös monitavoiteoptimointi MOBO, jonka avulla etsitään elinkaarikustannuksiltaan ja energiantuotannon päästöiltään edullisin suunnitteluratkaisujen yhdistelmä. Optimoinnin yhteydessä tutkitaan ulkoisrakenteen materiaalien hiilijalanjälkiä.
	ELINK	Epävarma tai arvioidaan vasta myöhemmin	Koko rakennuksen elinikään hiilijalanjälkiä laaditaan jatkosuunnittelun aikana.
 <b>ENERGIA-TEHOKKUUS</b> • Energiatehokkuuden vertailuluok. E-luok 2018 enintään 30 kWh/m <sup>2</sup> /a • Rakennuksen lämmöneristävyyden, tiiveyden, valaistuksen tehokkuuden sekä ilmastointilaitteiden, putkistojen, jäte- ja energiatehokkuuden osasta noudatetaan Helsingin kaupungin energia- ja LMA-suunnitteluoheissa esitettyjä arvoja.	ELINK	<b>Toteutuu</b>	Rakennuksen hankesuunnitteluvaiheessa laadittu E-luok 2018 on 30 kWh/m <sup>2</sup> /a, mikä alittaa hankkeelle asetetun tavoitteen.
	ELINK LM	<b>Toteutuu</b>	Kohteen energiatehokkuuden lähtökohdaksi on otettu Helsingin kaupungin suunnitteluoheiden arvot. Hankkeelle tehdään hankesuunnitteluvaiheen lopuksi myös monitavoiteoptimointi MOBO, jonka avulla voidaan tarkentaa asetettuja arvoja jatkosuunnittelua varten.
 <b>UUSIUTUVA ENERGIA</b> • Uudiskohteissa energejäsena lämmöntuotantomuotona on maalämpö. • Rakennuksessa tuotettua aurinkosähköä käytetään vähintään 10 % in otosahkion osuutta vastaava määrä (osuus lasketaan: aurinkosähkön tuotanto / ostettava sähkö). • Rakennuksen suunnittelussa ja välikaton muodossa on huomioitava mahdollisuus sijoittaa aurinkosähkövoimala optimaaliseen.	ELINK SÄÄ	<b>Toteutuu</b>	Määrämyksien toteuttaminen on mahdollista ja elinkaarikustannuksiltaan edullisin vaihtoehto. Jatkosuunnittelun pohjaksi on valittu ratkaisu, jossa 90 % lämmöntarpeesta tuotetaan maalämmöllä ja loput 10 % sähkövoimalla.
	ARK RAK	<b>Toteutuu osittain</b>	Vesikatolle sijoitetaan 30 kWh:n aurinkosähköjärjestelmä, jolla tuotetaan noin 12 % otosahkion osuutta vastaava määrä. Vesikaton muoto tarkentuu jatkosuunnittelun aikana.

**Kuva 5. Oteita hankkeen hankesuunnitteluvaiheen elinkaaritavoitteiden seurantataulukosta.**



### 2.3.4 Hiilijalanjäljen laskennan hankinta

Hiilijalanjäljen laskenta hankitaan osana elinkaarisuunnittelijan tehtäviä, jotka on kaupungin hankinnoissa määritetty elinkaariasiantuntijan tehtäväluettelon kautta. Elinkaariasiantuntijan tehtäväluettelossa määritetään energia- ja elinkaariasiantuntija tehtävien sisältö ja laajuus. Luettelolla voidaan valita hankekohtaisesti suoritettavia tehtäviä.

Tehtäväkokonaisuudet on tehtäväluettelossa jaoteltu RT:n mukaisiin hankevaiheisiin. RT-kortin mukaisia rakentamisprosessin vaiheita ja tehtäviä on tehtäväluettelolle tarkennettu vastaamaan Helsingin rakennuttamisprosessin vaiheita tarkennuksin, koska kaupungin hankevaiheet poikkeavat merkittävästi kortin mukaisista. Esimerkiksi ehdotussuunnittelu vastaa hankesuunnittelun viitesuunnitelmavaihetta.

Tehtäväluettelo määrittää elinkaarisuunnittelijan tehtävät perustehtäviin, erikseen tilattaviin tehtäviin sekä tilaajan erillishankintoihin. Viimeksi mainittujen suorituksesta, laajuudesta ja toteutustavasta tulisi neuvotella erikseen. Hiilijalanjäljenlaskenta on tehtäväluettelossa erikseen tilattavana tehtävänä tarveselvitys-, hankesuunnittelu-, ehdotussuunnittelu-, yleissuunnittelu-, toteutussuunnittelu- ja rakentamisvaiheissa. Lisäksi erillishankintana tehtäväluettelossa on esitetty rakennusmateriaalivalintojen elinkaarikestävyyden ja hiilijalanjäljen tarkastelut ehdotussuunnitteluvaiheessa sekä toteutussuunnitteluvaiheessa.

Tehtävä	Milloin tehdään											Vastuutaho ja osallistujat								
	A Tarveselvitys	B Hankesuunnittelu	D Ehdotussuunnittelu	E Yleissuunnittelu	F Rakennuslupavaihe	G Toteutussuunnittelu	H Rakentamisen valmistelu	I Rakentaminen	J Käyttöönotto	K Takuu aika	Toteuttajan valinta	Elinkaariasiantuntija	Arkkitehtisuunnittelu	Rakennesuunnittelu	Talotekninen suunnittelu	Muut suunnittelualat	Rakennuttaja	Käyttäjät	Valvojat	Urakoitsijat
Ympäristövaikutukset																				
Suunnitteluratkaisujen energiankäytön ympäristövaikutusten vertailu																				
Rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen laskenta		✘				✘														

**Kuva 6. Taulukko ELINK18 tehtäväluettelosta, jossa esitetty mahdollisuudet hiilijalanjäljen määrittämiseksi eri hankkeen vaiheissa. Punaiset raksit kuvaavat vaiheita, joissa laskenta kaupungin hankkeissa tilattu (mukaillen: Rakennustieto/Helsingin kaupunki 2020)**

Elinkaariasiantuntijan tehtäväluettelon luetelluista tehtävistä Helsingin rakentamishankkeisiin on sisällytetty seuraavat tehtävät, joiden lisäksi elinkaariasiantuntijan tehtäviin kuuluu yleisesti avustaa hankkeen elinkaari- ja energiatavoitteiden määrittelyssä ja niiden toteuman seurannassa läpi hankkeen.

Tehtäväluettelon mukaisesti on hankinnassa hiilijalanjälkilaskenta tilattu seuraavien tehtävälistan vaiheiden mukaisesti:

- B Hankesuunnittelu
  - B6.4 Lasketaan rakennuksen koko elinkaaren hiilijalanjälki yhdosta hautaan -periaatteella
- G Toteutussuunnittelu
  - G6.2 Lasketaan rakennuksen koko elinkaaren hiilijalanjälki yhdosta hautaan -periaatteella

## 2.4 Johtopäätökset hiilijalanjätkilaskennan ja ohjauksen nykytilasta

Energiatehokkaan palvelurakennuksen suunnitteluohje osoittaa selkeästi elinkaarisuunnittelijan toimimaan hankkeen vähähiilisuuden asiantuntijana, ja se on luonnollinen paikka myös hiilijalanjätkilaskennan ohjeille. Ohjeen mukaan hankkeen elinkaarisuunnittelijan tehtäviin kuuluu mm. selvittää eri suunnitteluratkaisuvaihtoehtojen toteutettavuus ja taloudellinen kannattavuus. Ohjetta ja vastuita tulisi tarkastella ohjeessa myös muiden suunnittelualojen osalta, sillä on todennäköistä, että elinkaarisuunnittelijalla ei ole tarvittavaa asiantuntemusta kaikkien kuvattujen tehtävien suorittamiseen.

Elinkaaritavoitteiden seurantaan käytettävä taulukko on yksinkertainen ja visuaalinen työkalu ja sellaisenaan käyttökelpoinen. Hankkeiden seurantaan on kuitenkin luotava käytännöt, jotka varmistavat tavoitteiden säännöllisen seurannan periaatteet ja vastuut.

Hankkeille asetettu tavoite käyttää YM:n rakennuksen vähähiilisuuden arviointimenetelmää hiilijalanjäljen määrittämiseen ohjaa yhdenmukaisen laskennan toteuttamiseen, kun aiemmin laskentoja on toteutettu eri laskentamenetelmin. Rakennuksen vähähiilisuuden arviointimenetelmän käyttö yhdenmukaistaa laskentaa, mutta menetelmän mukainen raportointi ei yksin riitä eri kohteiden laskentojen tulosten systemaattiseen keräämiseen ja analysointiin. Laskentojen hyödynnettävyyden takia olisi järkevää esittää laskentamenetelmää tarkempia suosituksia raportoinnin sisällölle ja laadulle.

Kaupungin ohjeistus sallii myös YM:n rakennuksen vähähiilisuuden arviointimenetelmästä poikkeamisen, jos se on laskelman käyttötarkoituksen mukaisesti tarkoituksenmukaista. Tämä on perusteltua etenkin hankkeen aikaisessa vaiheessa tehtävien vertailulaskelmien osalta, sillä kokonaishiilijalanjäljen määrittämiseen tarvittavia tietoja ei vielä tässä vaiheessa ole käytettävissä. Hankkeille on asetettu hiilijalanjätkilaskentaan liittyvä tavoite, vertailla hiilijalanjälkivaikutuksen sekä elinkaarikustannusten perusteella ja käyttää tuloksia päätöksenteon tukena. Tavoitteen toteuttaminen edellyttää aktiivista yhteistyötä hankkeen eri osapuolilta ja oikea-aikaista päätöksentekoa tukevaa tietoa hiilijalanjäljestä.

Jos hankkeessa halutaan toteuttaa vertailulaskentaa yhdessä tai useammassa vaiheessa, sen hankinnan voi toteuttaa esimerkiksi esittämällä elinkaarisuunnittelijan tehtäviin sisältyviksi vaiheen D7 ja E7 mukaiset tehtävät: "Tarkastellaan rakennusmateriaalivalintojen elinkaarikestävyyttä ja hiilijalanjälkeä" ja antaen lisäksi tarkentavia ohjeistuksia vertailujen sisällöstä. Aikaisen vaiheen laskenta edellyttää kuitenkin hankkeen suunnitteluryhmän laajaa osallistamista, jonka takia myös muiden suunnittelualojen tehtävät on oltava yhdenmukaiset tavoitteen kanssa.

### 3. TAVOITETASO

Helsingin kaupunki on toteuttanut aiemmista hankkeistaan useita hiilijalanjälkilaskelmia vuosien 2018-2020 aikana. Laskentoja on toteutettu erilaisiin tarpeisiin, minkä takia ne eivät ole suoraan vertailukelpoisia keskenään. Laskentamenetelminä ovat olleet:

- LCA-laskenta standardien ISO14040/14044 ja EN 15804 vaatimukset täyttäen (ei spesifiä rakennusten hiilijalanjälkilaskennan menetelmää, hankekohtaiset rajaukset)
- Rakennuksen elinkaaren hiilijalanjälki FiGBC:n Elinkaarimittarit -ohjeen mukaisesti (RTS-ympäristöluokituksessa käytetty menetelmä)
- BREEAM MAT 01, ympäristöluokituksen laskentamenetelmä
- Rakennuksen vähähiilisuuden arviointimenetelmä (YM)

Menetelmät eroavat muun muassa laskennan lähtöoletusten kuten tarkastelujakson pituuden, sisällytettyjen rakennusosien ja elinkaaren vaiheiden osalta toisistaan. Ympäristöministeriön pilotoinnissa oleva rakennuksen vähähiilisuuden arviointimenetelmä poikkeaa merkittävästi aiemmista menetelmistä laajan rakennusosien sisältyvyyden, YM:n kehittämien taulukkoarvojen käytön sekä käytönaikaisen energian laskevien päästöskenaarioiden osalta.

Eri laskentamenetelmien käyttö on ollut perusteltua, koska alalle ei ole ollut aiemmin vakiintunut yhtä menetelmää, vaan menetelmä on valittu laskennan tavoitteen mukaisesti elinkaarilaskentojen standardeja noudattaen. Ympäristöministeriön pilotointiin julkaisema rakennuksen vähähiilisuuden arviointimenetelmä on muuttanut tilannetta. Se on tällä hetkellä, ja oletettavasti myös tulevaisuudessa, eniten käytetty menetelmä ja mahdollistaa hankkeiden välisten vertailujen toteutuksen. Huomioitavaa on kuitenkin, että myös arviointimenetelmä päivittyyneen ainakin joltain osin tulevaisuudessa.

Jos tulevaisuudessa laskentoja toteutetaan samoin menetelmin ja raportointi kattaa riittävät tiedot, pystytään tietojen perusteella antamaan ymmärrys hiilijalanjäljen osatekijöistä erilaisille rakennustyypeille projektiryhmälle sekä ohjaamaan suunnittelua myös aiempien kohteiden toteutettujen laskentojen perusteella.

#### 3.1 Hiilijalanjäljen vertailutaso ja hiilijalanjäljen osatekijät

Jotta pystyttiin muodostamaan arvio tyypillisen päiväkotihankkeen elinkaaren aikaisesta hiilijalanjäljestä, aiemmin toteutettujen laskelmien tulokset koottiin yhteen. Vertailuun valittiin 4 aiemmin toteutettua päiväkotien hiilijalanjälkilaskentaa. Kokonaishiilijalanjälki näissä oli välillä 14,09-21,21 kgCO<sub>2</sub>e /m<sup>2</sup>/a. Tulokset on esitetty alla olevassa taulukossa.

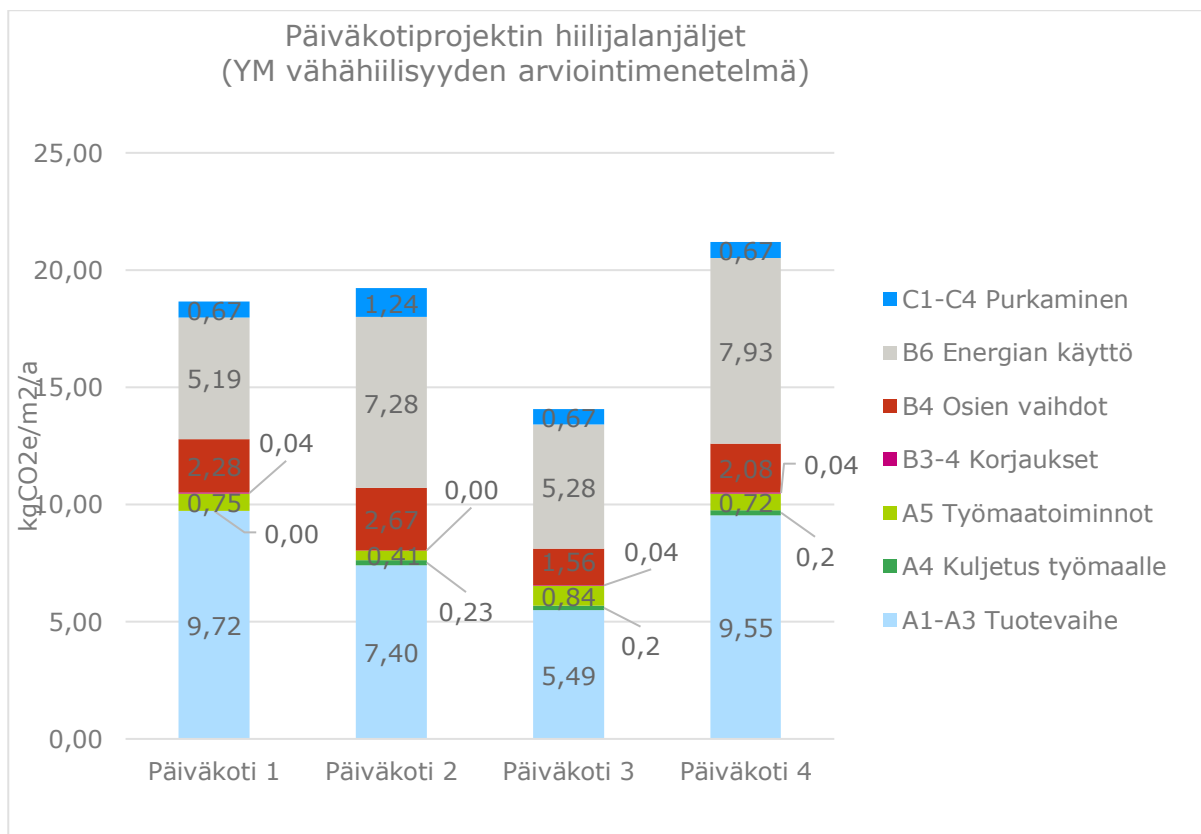
**Taulukko 1. Tarkastellut päiväkotihankkeet, joiden hiilijalanjälki laskettu aiemmin.**

	Lämmitetty nettoala (m <sup>2</sup> )	Päärunkomateriaali	E-luku/ päälämmitysmuoto	Hiilijalanjälki (kgCO <sub>2</sub> e /m <sup>2</sup> /a)
Päiväkoti 1*	1616	teräsbetoni	61, Kaukolämpö	18,65
Päiväkoti 2*	2128,9	CLT	80, kaukolämpö	19,23
Päiväkoti 3	1488	CLT	96, kaukolämpö	14,09
Päiväkoti 4	2355	teräsbetoni	96, kaukolämpö	21,21

\* Alkuperäinen laskenta: Rakennusten elinkaarimittarit (FiGBC), muunnettu oletuksin YM laskennan tyyppiseksi käyttämällä energiaskenaarioita

Alla olevassa kuvassa on esitetty tulokset elinkaaren vaiheittain. Kuvaajasta käy ilmi, että päärunkomateriaali vaikuttaa vaiheen A1-A3 päästöihin merkittävästi. CLT runkoisen päiväkodin päästöt olivat laskentojen perusteella keskimäärin 33 % pienemmät tuotevaiheessa A1-A3 ja 16 % pienemmät, jos tarkastellaan suhteessa betonirunkoisten päiväkotien keskimääräiseen kokonaishiilijalanjälkeen sisältäen kaikki elinkaaren vaiheet.

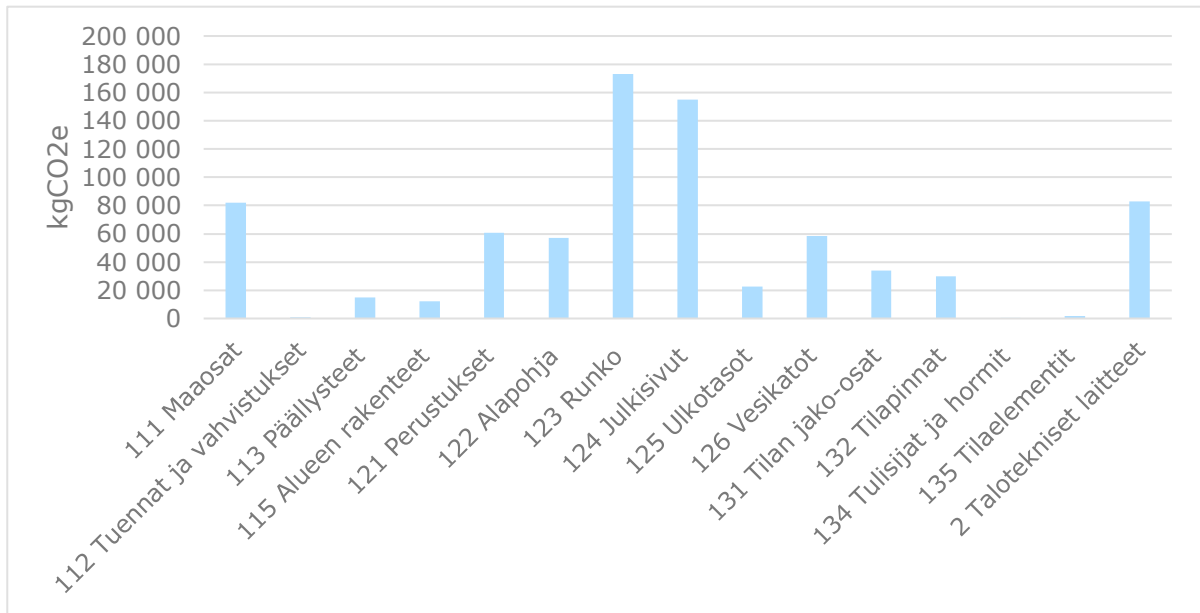
Pienempi E-luku vaikutti myös hiilijalanjälkeen. Kuitenkin Päiväkotien 3 ja 4 hiilijalanjäljet poikkesivat merkittävästi toisistaan E-luvun ollessa sama. Hiilijalanjälkiraportoinnin perusteella ei voitu tehdä johtopäätöksiä energiankäytön päästöjen eron syistä.



**Kuva 7. Päiväkotihankkeiden hiilijalanjälkilaskennan tuloksia rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmällä laskettuna.**

Toteutetuissa laskennoissa oli tarkasteltu myös eri rakenneosien vaikutusta hiilijalanjälkeen esittämällä rakenneosittain vaiheen A1-A3 päästöjä tai huomioiden rakenneosista myös niiden vaihdot elinkaaren aikana. Alla olevassa taulukossa on esitetty yhden kohteen tuotevaiheen päästöt eri rakennusosille. Huomioitavaa on, että tuotesidonnaisia päästöjä aiheutuu myös käytön

aikana mm. osien vaihdoista sekä purkuvaiheen prosesseista, joita ei ole huomioitu alla olevassa kuvaajassa.



**Kuva 8. Teräsbetonirunkoisen päiväkotirakennuksen (Päiväkoti 1) tuotevaiheen päästöt (A1-A3) rakennesiunain.**

## 4. HIILIJALANJÄLKILASKENNAN PROSESSI

Hiilijalanjätkilaskennan prosessi on laadittu Helsingin kaupungin rakennuttamisen prosessikuvauksen vaiheiden mukaisesti. Tarkoituksena on, että kuvatun laskentaprosessin avulla laskentaa voidaan toteuttaa hankkeessa oikea-aikaisesti ja käyttää ohjaavasti päätöksenteon tukena kriteerinä muiden joukossa. Prosessi on laadittu uudisrakennettavalle palvelutilahankkeelle, joka toteutetaan perinteisenä urakkana. Kuvassa 9 on esitetty prosessin vaiheet, jotka on esitetty yhdessä rakennushankkeen vaiheiden kanssa.

Pääosa prosessin mukaisesta työmäärästä ajoittuu hankesuunnittelun ajalle. Hankesuunnitteluvaiheessa suunnitelmat kehitetään sille tasolle, että hankkeen enimmäiskustannukset saadaan määritettyä. Samoin hankesuunnitteluvaiheessa on toteutettava riittävä määrä hiilijalanjäljen laskentaa, jotta päätöksen teon tueksi on riittävästi tietoa. Hankesuunnitteluvaiheen laskenta voidaan toteuttaa alustavan tason laskelmana, jonka tavoitteena on määrittää hiilijalanjäljen kannalta edullisia suunnitteluratkaisuja ja alustava taso koko rakennuksen hiilijalanjäljelle. Tieto hiilijalanjäljen tasosta viedään hankesuunnitelmaan.

Toteutussuunnittelun aikana määritetään hankkeen lopullinen hiilijalanjälki ja päivitetään hankesuunnitteluvaiheen laskentaa erityisesti niiltä osin kuin siinä on jouduttu turvautumaan oletuksiin. Ympäristöministeriö on esittänyt säädösohjauksensa tulevaisuudessa perustuvan rakennusluvan yhteydessä tarkasteltavaan laskelmaan, jonka takia tämä on esitetty prosessissa lopullisen hiilijalanjätkilaskennan tavoiteajankohtana. Rakentamisen valmistelun ja rakentamisen aikana hiilijalanjälkiohjaus painottuu enemmän toteuman seurantaan tai yksittäisten materiaalien vertailuun.



Kuva 9. Hiilijalanjätkilaskennan ja -ohjauksen toteutus osana Helsingin kaupungin rakennuttamisen prosessia.

Eri tehtävösten tarkemmat kuvaukset on kuvattu vaihekohtaisesti:

- Helsingin strategisten tavoitteiden tunnistaminen ja hiilijalanjätkilaskennan hankinta:** strategisia tavoitteita asettavat esimerkiksi laajemmat toimenpideohjelmat, kuten Hiilineutraali Helsinki toimenpideohjelma. Lisäksi strategisia tavoitteita on tuotu hankkeisiin erillisohjeistuksiin, joista tärkeimpänä Energiategokkaan palvelurakennuksen suunnitteluohje. Hankinta-asiakirjoihin määritetään kohteelle hankittavan

hiilijalanjälkilaskennan taso esim. ELINK18 tehtävälisan ja täydentävien kuvauksien avulla.

- Dokumentit: Energiatehokkaan palvelurakennuksen suunnitteluohje, Hankinta-asiakirjat
- Vastuu, Strategisten tavoitteiden yhteenveto ja elinkaarisuunnittelun hankinta: Rakennetun omaisuuden hallinta, energia-asiantuntija

## 2. **Hankkeen elinkaaritavoitteiden asettaminen hankesuunnitteluryhmässä:**

Hankesuunnittelun alussa Helsingin yleiset tavoitteet hiilijalanjäljen käyttämiseen hankkeen ohjauksessa esitellään hankesuunnitteluryhmälle. Rakennetun omaisuuden hallinnan -palvelun asiantuntijat esittävät tavoitteet sekä keinot tavoitteiden seurantaan.

- Dokumentit: elinkaaritavoitteet esitys ja seurantataulukko
- Vastuu, tavoitteiden esittäminen: Rakennetun omaisuuden hallinta, energia-asiantuntija

## 3. **Hankekohtaiset tavoitteet hiilijalanjälkitarkasteluihin, vaihtoehtojen määrittäminen:**

Tunnistetaan hankkeen hiilijalanjäljen lähtötaso (esim. laskentaohjelmalla luotu vertailutaso tai aiempien hankkeiden tulokset). Elinkaariasiantuntija pitää hankesuunnitteluryhmälle perehdytyksen hiilijalanjäljen osatekijöistä ja keskeisistä keinoista, joilla hiilijalanjälkeen tyypillisesti voidaan vaikuttaa. Tämän pohjalta pohditaan hankesuunnitteluryhmässä, millä ratkaisuin voidaan vaikuttaa hiilijalanjälkeen ja valitaan vertailtavia ratkaisuvaihtoehtoja. Vaihtoehtoissa painotetaan hiilijalanjälkilaskennan kannalta merkittäviä hankesuunnitteluvaiheissa päätettäviä ratkaisuja, joista valitaan yhteistyössä haluttu määrä tekijöitä tarkasteltavaksi hiilijalanjälkilaskennassa. Vaihtoehtoiset ratkaisut voivat olla koko rakennuksen tai järjestelmään vaikuttavia kuten puurunkoratkaisut, materiaalien käyttömääriä vähentäviä suunnitteluratkaisuja, yksittäiseen rakennusosaan vaikuttavia ratkaisuja kuten vaihtoehtoiset julkisivumateriaalit tai tuote- tai materiaaliratkaisuja kuten vähäpäästöisesti tuotettujen materiaalien tai kierrätysmateriaalien käyttö. Tekijöiksi valitaan seuraavia (niiltä osin, kun ei pois suljettu esim. kaavoituksella): massoittelu, aukotusten määrä, tilaratkaisujen vaikutus tilatehokkuuteen, päärunkomateriaalit (sis. vaakarakenteet ja kantavat pystyrakenteet), ulkoseinärakenteiden materiaalit (rakenne, eriste, verhous), vesikatteet sekä lämmön- ja jäähdytyksen tuotantotapa ja uusiutuvan energian paikallinen tuotanto, jos näiden koko elinkaaren aikaisia vaikutuksia halutaan optimoida.

- Dokumentit: Lähtötason määrittäminen ja vertailuvaihtoehdot (muoto vapaa)
- Vastuu, hiilijalanjälkinäkökulmien perehdytys, hankekohtaisten tavoitteiden tarkennus ja vaihtoehtojen koordinointi sekä hankeryhmän rohkaisu hiilijalanjälkinäkökulmien huomioiduissa: Elinkaarisuunnittelija
- Vastuu, vaihtoehtojen ratkaisujen määrittäminen: Suunnittelualakohtaisesti

## 4. **Lähtötietojen kerääminen hiilijalanjälkilaskentaan:** hiilijalanjäljen määrittämiseksi

tarvitaan: kohteen tavoitekäyttöikä, päärakenteiden arvioidut määrät ja tyypit (alustavissa laskelmissa tyypillisesti vähintään: maaosat, perustukset, alapohja, välipohjat, vesikatto, ulkoseinät, pilarit, palkit, ikkunat, ovet), oletetut talotekniset ratkaisut pääjärjestelmätasolla sekä arvio energiankulutuksesta. Varhaisen vaiheen laskennassa puuttuvia tietoja voidaan täydentää oletuksin.

- Dokumentit: Ohjeet varhaisen vaiheen laskentaan, lähtötietotaulukko (muoto vapaa)
- Vastuu, lähtötietoja koordinointi: Elinkaarisuunnittelija
- Vastuu, lähtötietojen tuottaminen: Suunnittelualakohtaisesti



5. **Alustavat hiilijalanjälkilaskelmat ja vaihtoehtotarkastelut:** Toteutetaan koko hiilijalanjäljen arvio lähtötieto-oletuksiin perustuen. Hiilijalanjälkilaskelma ja vertailulaskennat esitetään hankeryhmälle esimerkiksi suunnittelukokouksessa. Käytetään vertailulaskennan tuloksia päätöksenteossa ja kerätään hiilijalanjäljen kannalta edullisten ratkaisujen toteutettavuudesta muiden päätöksentekokriteerien osalta (mm. kustannukset). Hankesuunnitteluryhmän osaamisen kasvattamiseksi tuleviin hankkeisiin, hiilijalanjälkeä ja sen tekijöitä on lisäksi suositeltavaa analysoida suhteessa aiempiin tarkasteluihin.
  - Dokumentit: Ohjeet hiilijalanjälkilaskennan raportointiin
  - Vastuu, hiilijalanjälkilaskenta ja esitys: elinkaarisuunnittelija
  - Vastuu, muut päätöksentekokriteerit ja päätöksenteko: hankeryhmä
6. **Päätöksenteko laskelmien päivitys suunnitelmia vastaaviksi:** päätetään hiilijalanjälkilaskennan ja muiden päätöksentekoperusteiden avulla toteutettavat ratkaisut ja päivitetään hankkeen hiilijalanjälki niitä vastaavaksi. Valitut ratkaisut viedään suunnitelmiin.
  - Vastuu: suunnittelualakohtaisesti
  - Vastuu, hiilijalanjälkilaskennan päivitys: elinkaarisuunnittelija
7. **Tavoitteiden seuranta:** suunnitteluvaiheen alussa asetettujen tavoitteiden saavuttaminen arvioidaan. Hyväksytään suunnitteluvaiheen lopputuotokset, jotka viedään osaksi hankesuunnitelmaa ja sitä kautta päätöksentekoa.
  - Dokumentit: Tavoiteseurantataulukko, hankesuunnitteluvaiheen hiilijalanjälkilaskentarataportti
  - Vastuu, dokumentointi: Elinkaarisuunnittelija
8. **Toteutussuunnittelun hiilijalanjälki tavoitteiden tarkentaminen:** Tarkastellaan onko hankesuunnitteluvaiheessa asetettuja tavoitteita tarpeen tarkentaa ja mitä niistä tulee huomioida toteutussuunnitteluvaiheessa. Pohditaan ja valitaan vertailtavia ratkaisuja hankeryhmän kesken, joilla voidaan vaikuttaa hiilijalanjälkeen.
  - Dokumentit: vertailuvaihtoehdot (muoto vapaa)
  - Vastuu, hankekohtaisten tavoitteiden tarkennus ja vaihtoehtojen koordinointi: Elinkaarisuunnittelija
  - Vastuu, vaihtoehtoisten ratkaisujen tuottaminen: Suunnittelualakohtaisesti
9. **Toteutussuunnittelun vaihtoehtotarkastelut:** tarkastellaan mahdollisia vaihtoehtoja, jotka ovat toteutussuunnitteluvaiheen päätöksenteossa ajankohtaisia ja joilla on vaikutusta hiilijalanjälkeen.
  - Vastuu, laskennalliset tarkastelut ja lähtötietojen koordinointi: Elinkaarisuunnittelija
  - Vastuu, vaihtoehtoisten ratkaisujen määrittäminen: Suunnittelualakohtaisesti
10. **Todentava hiilijalanjälkilaskelma:** kun riittävät lähtötiedot ovat käytettävissä, määritetään kohteen toteutussuunnitteluvaiheen hiilijalanjälki suunnitteluratkaisujen mukaisesti. Tulevaisuudessa on oletettavaa, että kohteen hiilijalanjälki määritetään osaksi rakennuslupa-aineistoa. Tässä vaiheessa lähtötiedot saadaan pääosin kohteen tietomallista ja suunnitelmista.
  - Vastuu, laskennalliset tarkastelut ja lähtötietojen koordinointi: Elinkaarisuunnittelija
  - Vastuu, lähtötietojen tuottaminen: Suunnittelualakohtaisesti

11. **Loppuraportointi ja tavoitteiden seuranta:** Hiilijalanjätkilaskennan työ vietynä suunnitelmiin. Tavoitteiden saavuttamisen tarkastelu. Lopputuotokset toimitettu.
  - Dokumentit: Tavoiteseurantataulukko, Laskentareportti
  - Vastuu, dokumentointi: Elinkaarisuunnittelija
  
12. **Vähähiilisuuden vieminen urakkalaskenta-aineistoon:** vähähiilisyys on viety urakkalaskenta-aineistoon osana suunnitteluaineistoa. Tarvittaessa työmaatoteutuksen ja hankinnan vaatimuksia on täydennetty hiilijalanjälkinäkökulmista.
  - Vastuu: Elinkaarisuunnittelija
  
13. **Tavoitteiden seuranta ja mahdollisten muutosten kommentointi:** Jos toteutussuunnitelmiin esitetään hiilijalanjälkeen tai sille asetettuihin tavoitteisiin kohdistuvia muutoksia, voi elinkaarisuunnittelija kommentoida valintoja, jotta varmistetaan tavoitteiden täyttyminen.
  - Vastuu: Elinkaarisuunnittelija

#### 4.1 Ohjeet laskennan toteutukselle ja poikkeukset alustavaan laskentaan

Jotta hiilijalanjätkilaskentaa voidaan toteuttaa ohjaavasti ja niin, että laskennat ovat vertailukelpoisia keskenään on suositeltavaa toteuttaa laskennat käyttäen yleisesti käytössä olevia laskentamenetelmiä. Näin ollen on suositeltavaa, että laskenta toteutetaan aina Ympäristöministeriön julkaisemalla rakennuksen vähähiilisuuden arviointimenetelmän mukaisesti huomioiden Helsingin kaupungin ja projektikohtaisesti laskennalle asetetut tavoitteet. Kuitenkin, hankesuunnitteluvaiheen alustavassa laskelmassa menetelmästä voidaan poiketa, jotta laskenta saadaan toteutettua hankkeen ohjauksen kannalta riittävän aikaisessa vaiheessa.

Hankkeen kokonaishiilijalanjälki on järkevää määrittää, jotta voidaan arvioida ratkaisujen merkittävyyttä kokonaisvaltaisesti ja eri elinkaaren vaiheet huomioon ottaen. Poikkeaminen on mahdollista käyttämällä rakennusosien rakennustyyppiperusteiseen suhteelliseen suuruuteen tai laskentaohjelmiston vertailutietoon perustuvia arvioita laskentaan sisältyvillä rakennusosilla. Jos jokin rakenneosista on oletettavasti hiilijalanjäljen osalta tavanomaista merkittävämpi hankkeessa tai sen toteutusratkaisuihin halutaan vertailutietoa, on se suositeltavaa tehdä sen laskenta hankekohtaisin tiedoin. Muilta osin hankesuunnitteluvaiheen laskennassa voidaan käyttää yllä kuvattua mukaisia oletuksia seuraaville YM:n rakennuksen vähähiilisuuden arviointimenetelmässä esitetyille rakenneosille:

- 111 Maaosat
- 112 Tuennat ja vahvistukset
- 113 Päällysteet
- 115 Alueen rakenteet
- 125 Ulkotasot
- 132 Tilapinnat
- 133 Tilavarusteet
- 134 Hormit ja tulisijat
- 135 Tilaelementit
- Talotekniset järjestelmät

Kokonaishiilijalanjätkilaskennan lisäksi voidaan määrittää rakenneosien tai -tyyppien tai tuotteiden yksikköperusteisia hiilijalanjälkiarvioita, joilla arvioida eri valintojen keskinäistä paremmuutta jo ennen kokonaistarkastelujen toteutusta.

Seuraavat rakenneosat lasketaan aina hankkeen tiedoille tai varhaisessa vaiheessa hankkeen alustavilla tiedoilla ja suunnitteluryhmän kanssa laadituilla oletuksilla tulevista toteutusratkaisuksista. Oletukset tai viittaukset suunnitelmiin, joihin laskenta perustuu, tulee esittää laskentaraportilla.

- 121 Perustukset
- 122 Alapohjat
- 123 Runko
- 124 Julkisivu
- 126 Vesikatto
- 131 Tilan jako-osat

#### **4.2 Raportoinnin vaatimukset**

Laskentojen laadun, yhdenmukaisuuden sekä hyödynnettävyyden takaamiseksi laskentaraportin tulisi täyttää vähintään seuraavat vaatimukset:

- Ympäristöministeriön rakennuksen vähähiilisuuden arviointimenetelmän minimivaatimusten täyttäminen
- Hankevaihe ja laskennan lähtötiedot kuvattu
- Laskennan kohteen perustiedot esitetty:
  - laskennan kohteen päärakennusosien ja teknisten ratkaisujen toteutustavat ja/tai laskennan oletukset näille
  - mahdolliset laskennan rajaukset ja merkittävimmät oletukset
- Tulokset esitetty kokonaispäästöinä ja YM rakennuksen vähähiilisuuden arviointimenetelmän tunnusluvuin (kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>/a) numeerisesti seuraavien osalta:
  - kokonaishiilijalanjälki ja -kädenjälki
  - Päästöt elinkaaren vaiheittain (A1-A3, A4, A5, B3-4, B4, B6, C1-C4, D)
  - Tuotesidonnaiset päästöt vaiheista A1-A3, B4 (osien vaihdot), ja vaiheesta C jos mahdollista (TALO2000-nimikkeistön mukaisesti päävaiheisiin jaoteltuna esim. 1121 Paalut).
  - Tuotesidonnaiset päästöt esitetään lisäksi suhteessa pinta-alaan (kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>)
- Lisäksi on suositeltavaa esittää tuloksista keskeisimmät havainnot suhteessa kohteen ratkaisuihin sekä havainnollistaa nämä visuaalisesti kuvaajin, taulukoin tai muin keinoin

## 5. VÄHÄHIILISYYTEEN VAIKUTTAVAT RATKAISUT PÄIVÄKOTIHANKKEESSA

Koko hiilijalanjäljen kannalta merkittävimmät vaikutukset aiheutuvat kohteen rakennusmateriaalien valmistuksesta sekä energiankäytöstä. Näiden vaikutusten pienentämiseksi hankesuunnitteluvaiheen hiilijalanjälkioptimoinnissa on suositeltavaa arvioida vaikutusmahdollisuudet seuraavien hiilijalanjälkeen vaikuttavien tekijöiden osalta hankkeeseen soveltuvien suunnitteluratkaisuin:

- Massoittelu, aukotusten määrä, tilaratkaisujen vaikutus tilatehokkuuteen
- Päärunkomateriaalit (sis. vaakarakenteet ja kantavat pystyrakenteet, tyypilliset vaihtoehdot: betoni, puu, CLT, harkko)
- Ulkoseinärakenteiden materiaalit: rakenne, eriste, verhous
- Vesikatto
- Lämmön- ja jäähdytyksen tuotantotapa
- Uusiutuvan energian paikallinen tuotanto

Maanosilla, perustuksilla ja alapohjaratkaisuilla on myös merkittävä vaikutus hiilijalanjälkeen, mutta on oletettu, että tontin valinnalla ja kaupungin massaoptimoinnilla pyritään jo parhaaseen toteutukseen näiden osalta.

Alueen rakenteet, piha-alueen päällysteet, tilan jako-osat, tilapinnat ja kiintokalusteet vaikuttavat hiilijalanjälkeen yksittäisinä rakenneosina vähemmän, mutta toisaalta niissä voi olla helppo löytää hiilijalanjälkeä pienentäviä ratkaisuja ja ratkaisuja voidaan tuoda mukaan vielä myöhemmässä vaiheessa suunnitteluprosessia.

Vertailtavien ratkaisujen toteutettavuutta tulee aina tarkastella yhteistyössä asiantuntevien suunnittelijoiden kanssa ja apuna voidaan käyttää elinkaarisuunnitteluun kehitettyjä menetelmiä vaihtoehtojen kartoittamiseksi sekä erilaisia optimointimalleja. Optimoinnin tarkoituksena on huomioida mahdolliset eri suunnitteluratkaisut suhteessa toisiinsa, auttaa hahmottamaan niiden elinkaarikustannusvaikutuksia sekä mahdollistaa ratkaisujen eri mitoitusvaihtoehtojen vertailu kaikki rakennuksen elinkaaren vaiheet huomioon ottaen. Näin vältetään päästövaikutusten siirtäminen elinkaaren vaiheesta toiseen ja päästöjen vähennys kustannuksiltaan edullisemmin sekä mahdollistetaan tulosten havainnollistava visualisointi.

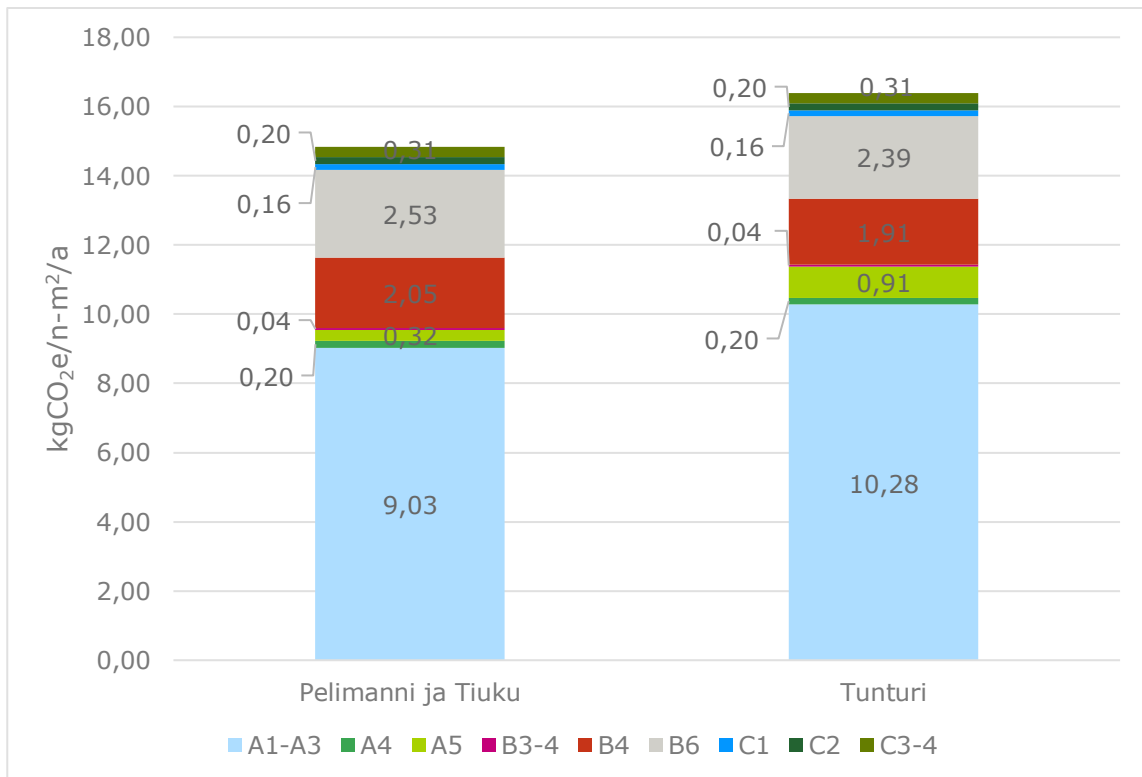
## 6. HIILIJALANJÄLKILASKENNAN TULOKSET ESIMERKKIPÄIVÄKOTIHANKKEISTA

Projektin yhteydessä määritettiin hiilijalanjäljet kahdelle päiväkotihankkeelle hankesuunnitteluvaiheen lopussa ja tehtiin muutamia vertailulaskelmia niiden perusteella. Tulokset on esitetty tarkemmin erillisissä laskentaraporteissa. Hankkeissa on suunnitteluvaiheen takia käytetty laskennassa runsaasti oletuksia ja Pelimannin ja Tiukun hankesuunnittelu keskeytettiin hiilijalanjälkilaskennan ollessa käynnissä, jonka takia suunnitelmat tulevat muuttumaan oletetuista.

Alla on esitetty laskennan kokonaistulokset molemmille kohteille. Erityisesti energiankäytön päästöt ovat pienemmät kuin aiemmin toteutetuissa laskelmissa. Tähän on syynä sekä hyvä E-luku, että lämmöntuotanto maalämmöllä, jonka takia vältetään kaukolämmöstä suhteellisesti suuremmat aiheutuvat päästöt kuin maalämpöjärjestelmän käyttämisestä sähköstä. Tuotevaiheen päästöt ovat samaa suuruusluokkaa kuin aiemmissa laskennoissa betonirakenteiset kohteet.

Taulukko 2. Tarkasteltujen päiväkotikohteiden perustiedot.

	Lämmitetty nettoala (m <sup>2</sup> )	Päärunkomateriaali	E-luku/ päälämmitysmuoto	Hiilijalanjälki (kgCO <sub>2</sub> e /m <sup>2</sup> /a)
Pelimanni ja Tiuku	1986	teräsbetoni	64, Maalämpö	14,84
Tunturi	1440	teräsbetoni	60, Maalämpö	16,40



Kuva 10. Toteutettujen laskentojen hiilijalanjäljen kokonaistulokset.

Hankkeissa tehtiin lisäksi vertailulaskelmia eri suunnitteluratkaisuista seuraavista rakennusosista:

- Päärunkomateriaali
- Julkisivut
- Väliseinät
- Lämmitysjärjestelmä
- Aurinkoenergian paikallinen tuotanto

Vertailtaessa päärunkomateriaalin tuotevaiheen päästöjen (A1-A3, B4) CLT-rungon ja betonielementtirungon välillä, arvio oli, että CLT-rungon tuotesidonnaiset päästöt olivat 28 % betonielementtirungon päästöjä pienemmät. Vertailu tehtiin hyvin varhaisessa vaiheessa oletuslaajuuksin, joten tulokset ovat viitteellisiä, mutta aiemmissa vertailuissa, kuten Helsingille toteutetuissa aiemmissa hiilijalanjäkilaskelmissa, on saatu samansuuntaisia tuloksia.

Muita ratkaisuja vertailtaessa kokonaan puujulkisivulla toteutettu ratkaisu pääosin tiiliverhoilun ratkaisun sijaan, vähensi koko rakennuksen hiilijalanjälkeä noin 1 % ja vaihtamalla väliseinät puurunkoisiksi päästöt vähentyivät noin 0,5 %. Maalämpöjärjestelmä vähentää päästöjä ennen kaikkea vähentämällä käytön aikaisia päästöjä. Toisaalta maalämpöjärjestelmän tuotesidonnaiset päästöt näyttäytyvät laskelmissa suurina. Järjestelmän tuotesidonnaisten päästöjen merkitys saattaa yli korostua käytettävien taulukkoarvojen ja lyhyen oletetun käyttöiän takia, kun kyseeseen todellisuudessa saattaa tulla vain järjestelmän osien uusimisia, mutta käytettävissä ei ole osakohtaista määrä- tai päästötietoa.

Aurinkopaneelien asennus vähentää käytön aikaisen energian päästövaikutuksia. Paneelien valmistus on kuitenkin suhteellisen päästöintensiivistä ja niiden tuotesidonnaiset päästöt ovat suhteellisen suuret ja paneelien käyttöikäan liittyy epävarmuutta. Laskennan oletuksilla, jossa paneelien käyttöikä on 25 vuotta, jonka jälkeen paneelit uusitaan ja niiden valmistuksen päästöt oletetaan nykytason mukaisiksi, mutta rakennuksen energiankäytön päästövaikutusten laskevan Ympäristöministeriön oletettujen yksikköpäästöjen mukaisesti, investointi ei kokonaispäästöjen kannalta näyttäydä edullisena. Tilanteesta ei voida tehdä johtopäätöstä, että aurinkopaneelien asennus lisäisi rakennuksen elinkaaren aikaisia todellisia päästövaikutuksia. Epäedullisuus johtuu osaltaan siitä, että laskentamenetelmän ei huomioi valmistuksen mahdollisia päästöjen vähentymisen skenaarioita osien vaihdossa ja verkkoenergian yksikköpäästöissä ei huomioida energian tuotannon koko elinkaaren aikaisia epäsuoria päästövaikutuksia samoin periaattein kuin yksittäisen rakennuksen kohdalla huomioidaan paneelien valmistuksen päästöt.

Paneelien elinkaaren aikaisia päästövaikutuksia voi olla järkevämpi tarkastella esimerkiksi 25 vuoden käyttöiällä huomioiden tarkastelussa paneelien koko elinkaari ja verkkosähkön päästöt. Tulevaisuudessa tilanne voidaan paneelien tullessa käyttöikänsä päähän arvioida uudelleen, jos verkkosähkön päästövaikutukset ovat laskeneet tasolla, jolla aurinkopaneelit eivät enää vähennä rakennuksen koko elinkaaren aikaisia päästövaikutuksia ja niiden valmistuksen päästöt olisivat suuremmat kuin niillä tuotetulla uusiutuvalla sähköenergialla korvattavan verkkosähkön päästöt.

## 7. YHTEENVETO JA JATKOSUOSITUKSET

Projektissa on esitetty lähtökohdat, prosessi ja suosituksia kaupungin palvelutilahankkeiden hiilijalanjälkilaskentaa ja -ohjaukseen. Kaupungilla on jo olemassa olevaa ohjeistusta ja menetelmiä vähähiilisuuden huomioimiseen hankkeissa. Ohjeistuksissa painotus on ollut energiatehokkuudessa, mutta valmiuksia kokonaisvaltaisempaan hiilijalanjäljen huomioimiseenkin on jo olemassa mm. hankintaan, tavoitteiden asettamiseen ja niiden seurantaan on jo työkaluja. Kaupungin aiemmin toteuttamat hiilijalanjälkilaskelmat antavat suuntaa antavaa tietoa hiilijalanjäljen suuruudesta. Edellisten hankkeiden laskentatietoa on mahdollista hyödyntää tulevien hankkeiden ohjauksessa, jos raportointiin kiinnitetään huomiota ja tietoa kerätään systemaattisesti.

Raportilla on esitetty prosessi ja sen vaiheiden kuvaukset perinteisessä rakennuttamisen prosessissa toteutettavalle hiilijalanjäljen ohjaukselle. Prosessi perustuu tavoitteiden asettamiseen ja niiden seurantaan läpi hankkeen. Työmäärällisesti painopiste on hankesuunnittelun aikaisissa hiilijalanjälkitarkasteluissa sekä toteutussuunnittelun aikaisessa todentavammassa hiilijalanjäljen laskennassa, jotta mahdollistettaisiin tiedon hyödyntäminen päätöksenteon tukena ja tulevien säädösvelvoitteiden täyttämiseksi. Laskennan toteutukselle ja raportoinnilla on annettu suuntaviivoja ja minimivaatimuksia. Elinkaarisuunnittelijan asiantuntemus ja kyky hyödyntää projektiryhmän osaamista laaja-alaisesti kuitenkin korostuu hankesuunnitteluvaiheen hiilijalanjälki-ohjauksessa. Hiilijalanjälkilaskennan tehtäviä muiden kuin elinkaariasiantuntijan näkökulmasta voisi avata esimerkiksi suunnittelualojen hankintaan toteutettava erillinen liite, jossa on kuvattu hiilijalanjälki-ohjauksen tehtäviä tarkemmalla tasolla.

Hankkeessa perehdyttiin yhteistyössä eri alojen asiantuntijoiden kanssa hiilijalanjälkivaikutuksiin myös vaihtoehtoisten suunnitteluratkaisujen näkökulmasta. Suunnitteluratkaisuista merkityksellisimpiä on syytä tarkastella aikaisessa vaiheessa hiilijalanjälkitarkasteluja.

Hankkeessa tällaisiksi tunnistettiin:

- Massoitelu, aukotusten määrä, tilaratkaisujen vaikutus tilatehokkuuteen
- Päärunkomateriaalit (sis. vaakarakenteet ja kantavat pystyrakenteet, tyypilliset vaihtoehdot: betoni, puu, CLT, harkko)
- Ulkoseinärakenteiden materiaalit: rakenne, eriste, verhous
- Vesikatto
- Lämmön- ja jäähdytyksen tuotantotapa
- Uusiutuvan energian paikallinen tuotanto

Pienempiä vaikuttavia tekijöitä on järkevää tarkastella myöhemmässä vaiheessa suunnittelua.

Projektin yhteydessä laskettiin hiilijalanjälki kahdelle päiväkotihankkeelle. Laskentojen kokonaistulokset ovat samaa suuruusluokkaa aiempien laskentojen kanssa, mutta raportointi pyrittiin toteuttamaan hiilijalanjälki-ohjausta paremmin tukevaksi. Näiden ja aiempien laskentojen perusteella voisi olla mahdollista määrittää päästövaikutukset rakennuksen rungolle, jolla on suuri merkitys tuotesidonnaisten päästövaikutusten hallinnassa. Tavoitearvo rungon päästöille voisi ohjata hankkeita kohti vähähiilisempiä ratkaisuja.

Tässä hankkeessa on keskitetty hiilijalanjälki-ohjaukseen päästövaikutusten näkökulmasta. Hankkeissa päätöksentekoon vaikuttaa kuitenkin useat kriteerit, joista merkityksellisimpänä usein kustannukset. Kustannustiedon tuominen ilmasto-vaikutusten rinnalle on tärkeää, mikä kävi erityisesti ilmi hankkeen työpajoissa. Myös kaavoitus tuo usein reunaehdoja ratkaisuille. Työpajassa tunnistettiin niin ikään se, että hiilijalanjälkilaskentaa tulisi soveltaa myös erilaisille toteutusmuodoille, koska näitä käytetään enenevässä määrin tilatarpeiden täyttämiseksi. Lisäksi hankintalaki tuo mahdollisesti haasteita hiilijalanjälkeä pienentävien ratkaisujen hyödyntämisessä.



## LÄHTEET

Helsingin kaupunki 2018. Rakennuttamisprosessin toimintakuvaukset 2018. Kaupunkiympäristö Rakennuttaminen. 24.5.2018.

Helsingin kaupunki 2020. Prosessin vaiheet ja osapuolet kuvaaja. Energiaviisaat kaupungit hankkeen materiaalia. 2.9.2020.

Helsingin kaupunki, Rakennetun omaisuuden hallinta 2020. Energiatehokkaan palvelurakennuksen suunnitteluohje, luonnos. Julkiset palvelurakennukset. Rakennetun omaisuuden hallinta. Helsingin kaupungin ohje 1.9.2020.

Rakennustieto/Helsingin kaupunki 2020. Elinkaariasiantuntijan tehtäväluettelo ELINK18 tilaajan tarkennuksin. Liite tarjouspyyntöaineistoon 2020.

Ramboll 2020. Sanni Heikkinen. Elinkaarilaskenta osana suunnittelunohjausta -webinaari esitys. Energiaviisaat kaupungit hanke.

Ympäristöministeriö 2019. Rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmä.

Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:22. Ympäristöministeriö, Helsinki 30.8.2019. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-029-3>