

Taru Seppälä

**HETKI COLLECTION**  
**HIILIJALANJÄLKI**  
A-moduuli

Opinnäytetyö

Tekniikan ammattikorkeakoulututkinto

Ympäristötekniikan koulutus

2024



**Kaakkois-Suomen**  
**ammattikorkeakoulu**

Tutkintonimike	Insinööri AMK
Tekijä/Tekijät	Taru Seppälä
Työn nimi	Hetki Collection hiilijalanjälki
Toimeksiantaja	Hetki Finland Oy Ltd
Vuosi	2024
Sivut	38 sivua, liitteitä 32 sivua
Työn ohjaaja	Liisi Rajala

## TIIVISTELMÄ

Rakentamisen hiilineutraaliuden tavoittelu vaatii suuria ja nopeita muutoksia nykypäivän rakentamiskulttuuriin. Yritykset voivat osoittaa vastuullisuuttaan tekemällä vähähiilisyyden arviointeja, joiden avulla voidaan osoittaa toiminnon merkittävimmät päästölähteet ja hyödyllisimmät päästövähennyskeinot. Puurakentaminen yleisesti nähdään valttikorttina rakennussektorin hiilineutraaliuden tavoittelussa puun pienen hiilijalanjäljen ja suuren hiilikädenjäljen ansiosta.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä toimeksiantajalle hiilijalanjälkilaskelmat Hetki Collection -malliston kolmesta piharakennuksesta, Hetki Sauna, Hetki Plus ja Hetki Cabin. Laskenta rajattiin sisältämään rakennuksen elinkaarren A-moduulin sisältämien vaiheiden päästölähteet. Hiilijalanjälki- ja hiilikädenjälkilaskelmien pohjana käytettiin EN 15978 -standardia ja ympäristöministeriön rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmää, versio 2021 (06/22). Laskennat suoritettiin One Click LCA -laskentaohjelmistolla ja tulokset raportoitiin toimeksiantajalle. Tietoturvalisista syistä tulosraporttia tai yksityiskohtaisia tietoja ei julkaistu tämän opinnäytetyön yhteydessä.

Hiilijalanjälkilaskennoissa käytetty data kerättiin kyselyn avulla Hetki Finland Oy:n yhteistyökumppaneilta sekä päästötietokannoista. Osa rakennuksissa käytetyistä tuotteista rajattiin laskennan ulkopuolelle puuttuvien päästötietojen vuoksi. Laskelmien pohjalta yritykselle luotiin yksilöity hiilijalanjäljen laskentatyökalu Excel-tilukkolaskentaohjelmistolla, jolla yritys voi tulevaisuudessa päivittää laskelmat materiaali- ja päästötietojen muuttuessa.

Hetki Collection -piharakennuksien hiilijalanjäljen tulokset ovat 3,4–3,9 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>/a ja hiilikädenjäljen -7,1– -7,7 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>/a laskennassa huomioitujen tekijöiden osalta. Merkittävimmät päästölähteet syntyivät lasielementeistä ja teräsmateriaaleista. Puurakenteiden varastoima hiili kompensoi piharakennusten hiilijalanjälkeä suurella hiilikädenjäljellään. Hetki Collection -piharakennusten vähähiilisyyden arviointi voidaan suorittaa loppuun rakennuksen käyttö- ja loppuvaiheilta tehtyjen hiilijalanjälkilaskentojen jälkeen.

**Asiasanat:** hiilijalanjälki, vähähiilinen rakentaminen, puurakentaminen

Degree title	Bachelor of Engineering
Author (authors)	Taru Seppälä
Thesis title	Carbon footprint of Hetki Collection
Commissioned by	Hetki Finland Oy Ltd
Time	2024
Pages	38 pages, 32 pages of appendices
Supervisor	Liisi Rajala

## ABSTRACT

The pursuit of carbon neutrality in construction requires major and rapid changes in today's construction culture. Companies can show their responsibility by conducting low-carbon assessments that can be used to demonstrate the most significant sources of emissions and the most useful means of reducing emissions. Wood construction is generally seen as a good option in the building sector's pursuit of carbon neutrality due to the small carbon footprint and large carbon handprint of wood.

The aim of this study was to calculate a carbon footprint for the client Hetki Collection on their three courtyard buildings, Hetki Sauna, Hetki Plus and Hetki Cabin. The calculation was limited to include the emission sources in the phases contained in the A-module of the building's life cycle. Carbon footprint and carbon handprint calculations were based on the EN 15978 standard and of the Environmental Ministry the building's low-carbon assessment method, version 2021 (06/22). The calculations were performed using One Click LCA calculation software and the results were reported to the client. For security reasons, the results report and the details are not published with this thesis.

The data used in carbon footprint calculations was collected with an inquiry from Hetki Finland Oy's partners and emission databases. Some products used in the buildings were excluded from the calculation due to missing emission data. Based on the calculations, a unique carbon footprint calculation tool was created for the company on Excel spreadsheet software, which the company can use in the future to update the results to match the renewed material and emissions data.

The results of the carbon footprint of the Hetki Collection courtyard buildings range from 3,4 to 3,9 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>/a, and carbon handprint from -7,1 to -7,7 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>/a, for the factors considered in the calculation. The most significant sources of emissions were glass elements and steel materials. Organic carbon stored in wooden structures makes the carbon footprint of the entire building. The low-carbon assessment of the Hetki Collection courtyard buildings can be completed after the carbon footprint calculations made from the use and final stages of the building's life cycle.

**Keywords:** Carbon footprint, low-carbon building, wood construction

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	5
2	KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖT .....	6
2.1	Ilmastovaikutus .....	6
2.2	Hiilijalanjälki .....	8
2.3	Hiilikädenjälki .....	9
2.4	Rakennukset ja rakennettu ympäristö.....	10
2.5	Puurakentaminen.....	13
3	RAKENNUSTEN VÄHÄHIILISYYDEN ARVIOINTI.....	15
3.1	Hiilijalanjäljen laskenta.....	15
3.2	Standardit ja menetelmät.....	18
4	TUTKIMUSAINEISTO JA MENETELMÄT .....	19
4.1	Hetki Finland Oy .....	19
4.2	Aineisto .....	21
4.3	Hiilijalanjäljen laskenta.....	22
4.4	Produktiivinen osuus.....	25
5	TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU .....	26
5.1	Laskenta tulokset.....	26
5.2	Tulosten tarkastelu .....	30
6	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	32
	LÄHTEET.....	36

## LIITTEET

Liite 1. Hetki Collection -piharakennusten vähähiilisyden arviointiraportti (SALASSA PIDETTÄVÄ)

## 1 JOHDANTO

Ilmaston lämpeneminen aiheuttaa ilmastonmuutosta ja on yksi tämän hetken suurimmista globaaleista kriiseistä. Ilmaston lämpenemisen hidastamiseksi ja pysäyttämiseksi tarvitaan kasvihuonekaasupäästöjen radikaalia pienenemistä, jonka toteutuminen vaatii nopeita laaja-alaisia toimenpiteitä sekä kaikkien osallistamista muutokseen. Rakennukset ja rakentaminen tuottaa kolmanneksen kasvihuonekaasupäästöistä, joten rakennusala ja rakennusten energiankäyttö ovat suurien muutosten edessä saavuttaakseen kaavailut ilmastotavoitteet. (Core Writing Team ym. 2023; Raivio ym. 2020.)

Euroopan unioni tavoittelee hiilineutraaliutta vuoteen 2050 mennessä ja Suomen tavoite on olla hiilineutraali vuoteen 2035 mennessä. Hiilineutraali tarkoittaa tasapainotilaa missä kasvihuonekaasupäästöt eivät ylitä hiilinielujen kykyä sitoa hiiltä itseensä. Vuoden 2040 jälkeen hiilinielujen olisi tarkoitus olla päästöjä suuremmat. Tämän saavuttamiseksi laaditaan alakohtaisia hiilijalanjälkien tiekarttoja, jotka ohjeistavat toimintaa kohti vähähiilisyystavoitteita. Kansallisen ilmasto- ja energiastrategian (2022) mukaan Suomen on asetettava ilmastopolitiikan tavoitteeksi kansallisen hiilikädenjäljen oleellinen kasvatus päästöjen vähentämisen rinnalle. Rakennusosalalla hiilikädenjälkeä voidaan kasvattaa muun muassa rakennusmateriaaliratkaisuilla. Esimerkiksi voidaan käyttää kierrätysmateriaalia, jolloin neitseellisen raaka-aineen tarve ja kasvihuonekaasupäästöt pienenevät, tai käyttämällä puuta, joka kasvaessaan sitoo elope- räistä hiiltä itseensä. (Huttunen ym. 2022; Häkkinen & Kuittinen 2020.)

Haitallisten ilmastovaikutuksien rajaamiseksi on asetettu direktiivejä, lakeja ja asetuksia sekä kansainvälisiä sopimuksia, jotka ohjaavat kasvihuonekasvupäästöjen ja hiilinielujen suhdetta kohti hiilineutraaliutta. Ilmastovaikutuksien seuraamiseen ja arviointiin käytetään hiilijalanjälkilaskelmia, joilla saadaan arvioitua kasvihuonekaasupäästöt tuotteen tai toiminnan koko elinkaaren ajalta. Laskelmien tekemiseen on olemassa monia ohjeistuksia ja standardeja. Laskennat tehdään aina tapauskohtaisesti, eivätkä laskelmat ole yleensä verrattavissa toisiinsa. (Häkkinen & Kuittinen 2020.)

Opinnäytetyössä selvitettiin Hetki Finland Oy Ltd:n Hetki Collection -piharakennusten ilmastovaikutusta hiilijalanjälkiselvityksellä. Hiilijalanjälkeen vaikuttavat tekijät kartoitettiin ja näistä saatujen päästökertoimien perusteella laskettiin hiilijalanjäljet sekä hiilikädenjäljet EN 15978 -standardin A-moduulin mukaisesti rakennuksen elinkaaren vaiheilta raaka-aineen hankinnasta tuotantoon asti. Laskennat suoritettiin One Click LCA-laskentaohjelmistolla ja toimeksiantajayritykselle luotiin Microsoft Excel-taulukkolaskentaohjelmistolla oma vähähiilisuuden arviointityökalu, jonka avulla yritys voi päivittää laskelmiaan arvojen muuttuessa.

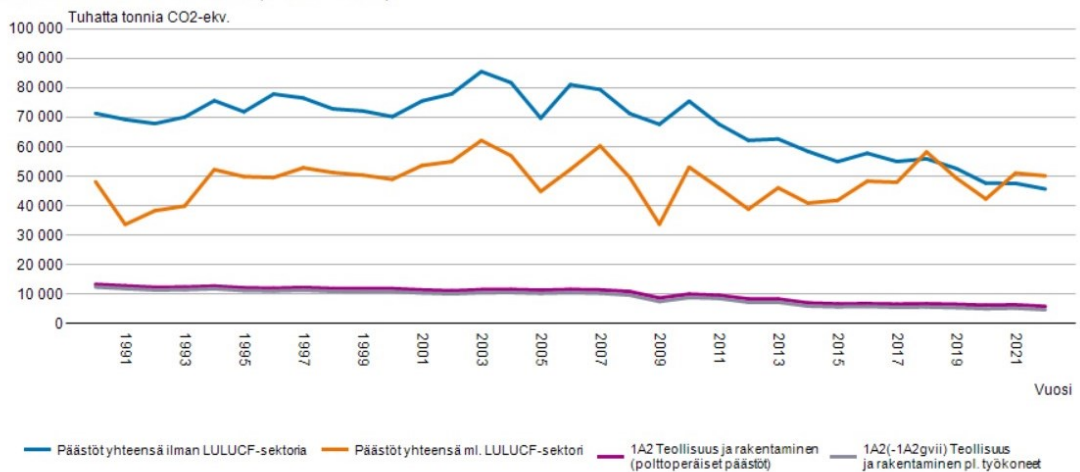
## **2 KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖT**

### **2.1 Ilmastovaikutus**

Ihmisten toiminnasta syntyy kasvihuonekaasupäästöjä, jotka aiheuttavat nopeutetusti ilmaston lämpenemistä ja ilmastonmuutosta. Globaalisti kasvihuonekaasupäästöjen määrä jatkaa kasvuaan kestävämmän toiminnan seurauksena, johon liittyvät muun muassa energiankäyttö, maankäyttö ja sen muutokset, elämäntavat sekä kulutus- ja tuotantotavat. Ilmaston lämpeneminen on aiheuttanut jo monia säiden ja ilmaston ääri-ilmiöitä kaikilla alueilla ympäri maailmaa, mistä on seurannut haitallisia vaikutuksia elintarvike- ja vesiturvaan sekä luonnon ja ihmisten hyvinvointiin. Ilmastonmuutoksen hidastamiseksi ja estämiseksi ovat maat globaalisti sitoutuneet Pariisin ilmastopimuksessa (2016) tavoitteeseen, ettei maailman keskilämpötila nousisi esiteolliseen aikaan verraten yli 1,5 astetta tai korkeintaan kahta astetta, enempää. (Core Writing Team ym. 2023.)

Hallitustenvälinen ilmastopaneeli, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), on koonnut vuonna 2023 arviointiraportin ilmaston tilasta, jota ovat olleet tekemässä sadat asiantuntijat. Raportti sisältää tämänhetkisen parhaan saatavilla olevan tutkimustiedon ilmastosta ja sen mukaan Pariisin ilmastopimuksen tavoitteen saavuttaminen vaatii välittömiä radikaaleja muutoksia päästöjen pienentämiseksi. Erityisesti edellytetään fossiilisten polttoaineiden käytön vähentämistä ja siirtymistä vähähiilisiin polttoaineisiin, kuten myös päästötöntä sähköntuotantoa, energiatehokkuutta ja energiasäästön lisäämistä. Ilmaston lämpenemisen pysäyttäminen edellyttää hiilineutraaliuden saavuttamista. (Core Writing Team ym. 2023; Häkkinen & Kuittinen 2020.)

Tilastokeskuksen kasvihuonekaasupäästöjen tuloksia tarkastellessa (kuva 1) Suomen kasvihuonekaasupäästöt (pl. LULUCF-sektori) ovat laskeneet tasaisella tahdilla vuosien 2010–2022 aikana ollen 45 700 tuhatta tonnia CO<sub>2</sub>-ekv. vuonna 2022. Vuoteen 1990 verraten tämä on laskenut 25 631 tuhatta tonnia CO<sub>2</sub>-ekv. Kuitenkin LULUCF-sektori mukaan lukien Suomen kokonaispäästöt olivat 50 143 tuhatta tonnia CO<sub>2</sub>-ekv vuonna 2022, joka puolestaan on 1 987 tuhatta tonnia CO<sub>2</sub>-ekv. enemmän kuin vuonna 1990. Teollisuuden ja rakentamisen sektorilla päästöt sen sijaan ovat vähentyneet tasaisesti 1990-luvun alusta lähtien, 13 358 tuhannesta tonnista CO<sub>2</sub>-ekv. 5 868 tuhanteen tonnia CO<sub>2</sub>-ekv. (Kasvihuonekaasupäästöt... 2024.)



Kuva 1. Suomen kokonaispäästöt, LULUCF-sektori mukaan laskettuna ja ilman, sekä Teollisuuden ja rakentamisen päästöt vuosina 1990–2022 (Kasvihuonekaasupäästöt... 2024)

LULUCF-sektori sisältää maatalous- ja maankäyttösektorit, jotka toimivat ekologisena hiilinieluna eli sisältävät luontoon sitoutunutta eloperäistä hiiltä. Tämä sektori tasapainottaa kasvihuonekaasupäästöjä ja etenkin Suomessa tämä on merkityksellinen koko maan hiilineutraaliuden tavoittelussa. LULUCF-sektori on kuitenkin noussut nettopäästökseksi vuosina 2018, 2021 ja 2022. Luonnonvarakeskuksen kasvihuonekaasuinventaarion ennakkotietojen (2023) mukaan hakkuiden lisääntymisellä ja turvemaametsien kasvaneilla hiilidioksidipäästöillä on suuri vaikutus maankäyttösektorin hiilinielun pienentymiseen ja sen myötä nettopäästökseksi kääntymiseen vuosina 2021 ja 2022. Samanaikaisesti viljelysmaiden päästöt ovat kasvaneet turvepeltopinta-alojen lisääntyessä. (Luke 2023.)

Tilastoja seurataan aktiivisesti ja Suomen lainsäädäntöä päivitetään ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi. Ilmastolakiin (10.6.2022/423) on kirjattu tavoite saavuttaa hiilineutraalius vuoteen 2035 mennessä ja ajanjaksot, joissa on tarkoitus portaittain vähentää päästöjä jopa 95 % verrattuna vuoden 1990 olleeseen tasoon (Tähkänen & Tähtinen 2022). Tilastokeskus ohjaa Suomen kasvihuonekaasuinventaariota, johon kerätään muun muassa energia, teollisuus, LULUCF- ja jätesektoreiden raportoidut päästöt vuosittain. Tiedot lähetetään tilastokeskuksen toimesta edelleen EU:n komissiolle, YK:n ilmastosopimukselle sekä Pariisin sopimukselle. (Kasvihuonekaasuinventaario 2024.)

## 2.2 Hiilijalanjälki

Hiilijalanjäljellä ilmaistaan haitallista ilmastovaikutusta eli se kuvaa tietyn tuotteen, materiaalin tai muun rajatun kokonaisuuden tuottamaa ilmastoa lämmitävää kasvihuonekaasupäästön määrää. Tätä arvioidaan hiilijalanjälkilaskennan avulla. Ilmastokuorma syntyy kasvihuonekaasuista, joista hiilidioksidi, metaani, dityppioksidi ja F-kaasut lukeutuvat Pariisin ilmastosopimuksessa säädeltyihin kasvihuonekaasuihin. Kullakin kasvihuonekaasulla on oma kerroin, jolla saadaan kuvattua kyseisen yhdisteen ilmastovaikutusta hiilidioksidiin verrattuna. Kasvihuonekaasupäästöt ilmoitetaan ilmaston lämpenemispotentiaalina (GWP = global warming potential), eli hiilidioksidiekvivalenttina, joka tarkoittaa verrantoa paljonko yksi kilogramma hiilidioksidia aiheuttaa lämpenemistä 100 vuodessa. Hiilikädenjäljellä ilmaistaan vastavaroisesti positiivista ilmastovaikutusta (kts 2.3). (Core Writing Team ym. 2023; Häkkinen & Kuittinen 2020.)

Hiilijalanjäljen laskennalla ja tulosten arvioinnilla pystytään yleisesti kartoittamaan toimintojen päästölähteet, vertailemaan keskenään erilaisten materiaalien ja tuotteiden ilmastovaikutusta sekä arvioimaan ilmastokuorman pienentämisen vaihtoehtoja. Tämä edellyttää toiminnon päästölähteiden tarkkaa inventaariota sekä vakioituja standardeihin perustuvia päästökertoimia ja vähähiilisyiden arviointimenetelmiä. Näiden valitsemisessa kannattaa aina seurata alakohtaisia ohjeistuksia ja menetelmiä, ja valita laskennoissa hyödynnettäväksi valideja päästötietokantoja, jotta hiilijalanjälkitulokset olisivat luotettavasti tulkittavissa ja mahdollisesti verrannollisia vastaaviin laskelmiin. (Kuittinen 2019.)



Suomessa tehdään toimialakohtaisesti vähähiilitiekarttoja, joissa monien asiantuntijoiden yhteistyönä määritetään alakohtaisesti tämän hiilijalanjälki ja vähähiilisuuden eri skenaariot. Vähähiilisuuden mahdollisuudet ja tavoitteet arvioidaan sekä syvennyttään vaadittavien toimenpiteiden laajuuteen, kustannuksiin ja edellytyksiin. Vähähiilitietkartat tuovat uutta tietoa sekä uudenlaista lähestymistä ilmastohaasteisiin, ja näillä saadaan sitoutettua toimialoja ja näiden yhteistyökumppaneita mukaan yhteiseen ilmastotyöhön. (Huttunen ym. 2022, 22; Raivio ym. 2020, 6.)

### **2.3 Hiilikädenjälki**

Hiilijalanjäljen kertoessa tuotteen tai palvelun negatiiviset ilmastovaikutukset, kertoo hiilikädenjälki puolestaan niiden positiiviset ilmastovaikutukset. Tuotteen tai toiminnan varastoima hiili tai käytetyn materiaalin korvaaminen ympäristöystävällisemmällä vaihtoehdolla kasvattaa hiilikädenjälkeä. Kädenjälkivaikutus näkyy materiaalien ja energian käytön valinnoilla, yksikön eliniän pidentämisellä, hukkamateriaalien ja jätteiden vähentämisellä, kierrättämisellä sekä hiilivarastoilla. Hiilikädenjälki on tärkeä mittari hiilijalanjälkeä laskettaessa ja yleensä se lasketaankin hiilijalanjälkilaskennan yhteydessä. Esimerkiksi rakennusmateriaaleissa kierrätysmateriaaleja käyttämällä vältetään neitseellisen raaka-aineen käytön kasvihuonekaasupäästöjä. Lisäksi käyttämällä materiaaleja, jotka varastoivat eloperäistä hiiltä tai sitovat ilmakehän hiilidioksidia elinkaarensa aikana saadaan pienennettyä ilmassa olevia kasvihuonekaasuja. Samoin rakennushankkeissa voidaan rakennuksen elinkaaren aikana saavuttaa ilmastohyötyjä tuottamalla uusiutuvaa energiaa tontilla tai rakennuksessa. (Pajula ym. 2021; Raivio ym. 2020.)

Hiilivarastoksi kutsutaan materiaalia, johon on sitoutunut hiiltä. Hiilikädenjälkeen ei kuitenkaan lasketa mukaan öljypohjaisten muovien tai muiden fossiilisten materiaaliin sitoutunutta hiiltä vaan pelkästään eloperäisen materiaalin, kuten puun, hiilivarasto. Lisäksi edellytetään materiaalin kasvuperältä eettisyyttä ja ettei materiaalin keruulla heikennetä luonnollista ekosysteemin hiilinielua. Myös sementtipohjaisten tuotteiden karbonatisoitumisen hiilinielu voi-

daan laskea mukaan hiilikädenjälkeen, mutta tällöin tulee muistaa ottaa huomioon karbonatisoitumisen aiheuttamien korjaustoimien päästövaikutukset itse hiilijalanjälkeen. (Kuittinen 2019.)

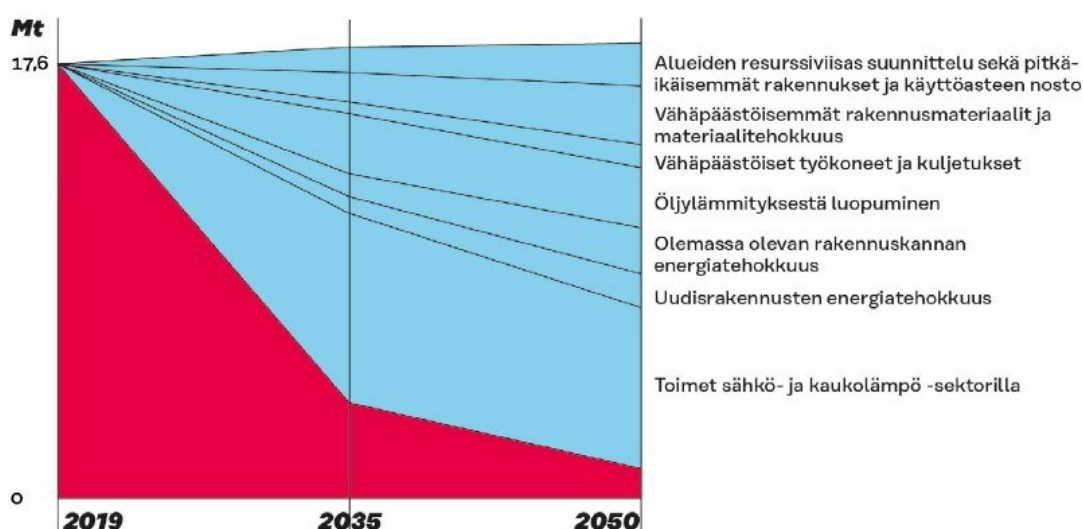
Hiilikädenjäljen laskentaan ei vielä ole olemassa kansainvälisesti vakiintunutta standardia. Rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmän 2021 mukaan eloperäisen materiaalien hiilivarasto lasketaan kertomalla eloperäistä hiiltä sisältävä materiaali tämän sisältämän hiilen määrällä. Puumateriaaleissa eloperäinen hiilen määrä on puun kuivapainosta noin 50 %. Vaikka hiilijalanjäljen laskennan yhteydessä on olennaista huomioida myös hiilikädenjälki, ei laskennoissa hiilikädenjälkeä koskaan vähennetä hiilijalanjäljestä, vaan nämä tulee esittää erillisinä tuloksina. (Pajula ym. 2021; Kuittinen 2019.)

## **2.4 Rakennukset ja rakennettu ympäristö**

Rakentaminen ja rakennettu ympäristö tuottaa Suomessa kolmanneksen kasvihuonekaasupäästöistä. Päästöt muodostuvat osittain päästökaupparilla, eli muun muassa energian kulutuksesta, ja osittain taakanjakosektorilla, mihin puolestaan lukeutuu suurin osa rakennustuotteiden sekä kuljetusten ja jätteen käsittelyn päästöistä. (Huttunen ym. 2022.) Rakennusteollisuus RT:n Vähähiilinen rakennusteollisuus 2035 -tiekartta mukailee tuolloista Suomen hallituksen tavoitetta saavuttaa hiilineutraalius vuoteen 2035 mennessä ja hiilinegatiivisuus pian tuon jälkeen. (Raivio ym. 2020.)

Valtaosa rakentamisen ja rakennetun ympäristön päästöistä syntyy rakennuksen käytönaikaisesta energiakulutuksesta. Tästä syystä keskeiset toimenpiteet päästöjen pienentämiseksi ovat energiatehokkuuden parantaminen ja uusiutuvan energiamuodon käyttö. Nykysuosituksen mukaisesti rakennetut uudet talot ovat rakennettu energiatehokkaiksi ja näissä energian käytön osuus hiilijalanjäljestä on enää alle puolet kokonaispäästöistä ja suurin päästölähde koostuu rakennusmateriaalien valmistuksesta sekä työmaatoiminnoista. Tulevaisuudessa sähkön ja kaukolämmön päästövaikutus tulee pienenevän vanhemmissakin rakennuksissa vihersiirtymän tuoman energianmuutoksen myötä. (Raivio ym. 2020, 15–16.)

Rakennetun ympäristön päästöihin pyritään vaikuttamaan energia- ja lämmityssektorin lisäksi rakennettujen alueiden resurssiviisaalla suunnittelulla, pitkäikäisemmällä rakennuksilla ja käyttöasteen nostolla (kuva 2). Myös materiaallivalinnoilla, vähäpäästöisemmällä työkoneilla ja kuljetuksilla sekä rakennusten energiatehokkuudella. Vuonna 2019 suurin suora päästölähde rakennetussa ympäristössä oli öljylämmitykseen pohjautuva polttoaineiden käyttö (2,4 Mt), josta pieni osuus oli kotitalouksien ja palveluiden polttoainekäyttöä. Loput suurista päästöistä syntyi rakennustyömaatoiminnoista (0,8 Mt) sekä rakentamisen maanmuokkaustöistä (0,7 Mt). Öljylämmityksen on nykytavoitteiden mukaisesti tarkoitus loppua vuoteen 2030 mennessä. (Landström ym. 2021, 72–79.)



Kuva 2. Rakennetun ympäristön päästövähennysten mahdollinen jakautuminen ratkaisujen välillä (Landström ym. 2021, 71)

Rakennusten vähähiilisyteen vaikuttamisen mahdollisuudet painottuvat suunnitteluun. Ennen rakentamista huomioidut energiatehokkaat ja kestävä rakentamisen ratkaisut sekä ilmastoystävällisemmät tuotevalinnat määrittävät pitkälti koko rakennuksen elinaikaista hiilijalanjälkeä. Rakennuksen suunnittelussa kannattaa huomioida myös käyttötarkoituksen muutosmahdollisuudet, joka tuo päästösäästöjä tulevaisuudessa. Rakennuksissa tyypillisesti tulee eteen laajamittaisia saneerauksia talotekniikan vanhentuuessa, tilan muutoksen tarve käyttötarkoituksen muuttuessa sekä yleisesti ajanhenkiset tilan mukavuuden päivitykset. Rakennuksen elinikä on määritetty monissa laskentaohjelmissa 50 vuoteen, mutta hyvin suunniteltu, toteutettu ja ylläpidetty rakennus on huomattavan paljon pitkäikäisempi. Sen sijaan tuotekohtaiseksi iäksi 50

vuotta on varsin pitkä, joten saneerauskorjaukset ja muut mahdolliset rakennosien vaihdot ja muutostyöt on hyvä huomioida jo suunnitteluvaiheessa järkeväksi toteuttaa eli suunnitella rakennus muuntojoustavaksi. (Partinen 2021, 16–19; Landström ym. 2020, 74–79.)

Rakennusmateriaaleissa kannattaa huomioida niiden aiheuttamat päästöt koko elinkaaren ajalta sekä rakentamisessa materiaalimäärät eli materiaalitehokkuus. Rakennusmateriaaleista syntyvät päästöt poikkeavat toisistaan huomattavasti, kymmenistä tuhansiin kgCO<sub>2e</sub>/tuotetonni (taulukko 1). Suurimpia päästölähteitä ovat teräs, lasi sekä muovi- ja mineraalieristeet, joilla yksikköpäästöt ovat tuhansia kgCO<sub>2e</sub>/tuotetonni. Satojen kgCO<sub>2e</sub>/tuotetonni päästöjen lähteitä ovat sementti, betoni, tiili ja kipsi. Puun yksikköpäästö on kymmeniä-satoja kgCO<sub>2e</sub>/tuotetonni. Pienimmät päästöt tulevat kiviaineksesta. Käyttömäärät ja yksikköpäästöt yhdistämällä nähdään rakennusmateriaalien merkittävimmät päästölähteet, joita ovat betoni ja teräs. (Raivio ym. 2020, 11–13.)

Taulukko 1. Rakennusmateriaalien vuosikäytön suuruusluokka (Raivio ym. 2020)

	<i>Vuosikäyttö /1 000 t</i>	<i>Yksikköpäästö (CO<sub>2e</sub>/t)</i>	<i>Osuus rakentamisen päästöistä</i>
<i>Sementti</i>	2 000	Satoja kiloja	sis. betoni
<i>Betoni</i>	<10 000	Satoja kiloja	Kymmeniä %
<i>Teräs</i>	<1 000	Satoja /tuhansia kiloja	Kymmeniä %
<i>Puupohjaiset materiaalit</i>	<1 000	Kymmeniä /satoja kiloja	Prosentteja
<i>Poltettu tiili</i>	100	Satoja kiloja	Alle prosentti
<i>Kipsi</i>	200	Satoja kiloja	Alle prosentti
<i>Lasi</i>	<100*	Tuhansia kiloja	Prosentteja
<i>Eristeet</i>	<100*	Tuhansia kiloja	Prosentteja
<i>Kivi- ja maa-ainekset</i>	>100 000	Kiloja	Prosentteja

\*arvio

Betoni-, metalli- ja tiilituotteiden valmistukseen kuluu paljon energiaa ja niiden valmistus vaatii korkeita lämpötiloja. Tässä suhteessa puu poikkeaa edellä mainituista helpon työstettävyytensä ansiosta. Energiapäästöjen vähennyksessä oleellista on energiatehokkuuden lisääminen sekä bioenergian käyttö.

Päästöjä voidaan pienentää myös käyttämällä kestävä, korjattavaa ja kierrätettävää materiaalia. Mitä kauemmin materiaali pysyy käytössä, sitä pienemmäksi hiilijalanjälki muodostuu. Materiaalin päästöihin vaikuttaa aina myös muun muassa kuljetus, eli mitä lähempää vastaava materiaali kuljetetaan, sitä pienemmäksi hiilijalanjälki jää. (Partinen 2021, 22–27.)

Onnistunut vähähiilisyteen vaikuttaminen vaatii rakennusosalta yhteisen näkemyksen vahvistamista ja yritysten johdolta määrätietoista ilmastostrategiaa. Vähähiilisyyden merkitykseen liittyy vielä paljon ennakoasenteita sekä tiedon puutetta. Toisaalta vaikka isommat edelläkävijä yritykset ovat jo investoineet vähähiilisyteen, ei tähän ole pienemmillä toimijoilla varaa ilman toiminnan luotettavaa ennakointia ja kannattavuutta. (Raivio ym. 2020, 29.)

Ilmastonmuutoksen torjunta ollaan tuomassa osaksi rakentamisen lainsäädäntöä uuden 1.1.2025 voimaan astuvan rakentamislain (21.4.2023/751) myötä. Ympäristöministeriön tämänhetkisen esityksen mukaan ilmastoarviointi ja hiilijalanjälkilaskenta tulee pakolliseksi rakennuslupaa vaativiin rakennuksiin ja eri rakennustyypeille ollaan määrittämässä hiilibudjetteja, joita ei saa ylittää, jotta rakennuslupa myönnetään. Lain tavoitteina on vaikuttaa muun muassa rakentamisen vastuullisuuteen, laatuun sekä kestäväan kehitykseen. Lopullinen sisältö on kuitenkin vielä käsittelyssä eduskunnassa. Rakennuksen ilmastaselvityksen osalta muun muassa Rakennusteollisuus (2024) on esittänyt lausuntonsa 1.3.2024 toimivamman vähähiilisyyden arvioinnin puolesta. Tulevan lainsäädännön lisäksi vähähiilisyyden painetta yrityksille luo myös valistuneet asiakkaat ja yhteistyökumppanit, jotka vaativat näyttöä ilmastovaikutuksista ja edellyttävät näiltä kestäväan kehityksen mukaisia ratkaisuja (Tähkänen & Tähtinen 2022).

## **2.5 Puurakentaminen**

Puun käyttö rakennusmateriaalina pienentää rakennusten hiilijalanjälkeä, etenkin rakennusvaiheessa muodostuvan hiilipiikin osalta. Westerholmin (2022) tekemien rakentamisen ilmastovaikutusvertailun tuloksena puurunkoisen rakennuksen hiilijalanjäljestä syntyy 51 % rakentamisen vaiheessa, kun betonisen rakennuksen rakentamisvaiheen päästö on 58 %. Samoin puurun-

koisen rakennuksen hiilijalanjälki oli 37 % pienempi verrattuna betonirakenteiseen taloon ja hiilikädenjälki vastaavasti 240 % suurempi. (Westerholm 2022.) Tällä voi olla ratkaiseva rooli tulevaisuudessa talojen materiaalivalinnoissa, kun uusi rakentamislaki astuu voimaan. Samalla sillä olisi puurakentamista edistävä vaikutus. (Koste ym. 2023, 7.)

Puuaineksen todellisesta hiilikädenjäljestä ei olla päästy vielä yhteisymmärryseen rakennusteollisuuden ja ympäristöministeriön kesken. Neitseellisen puumateriaalin käyttö aiheuttaa biogeenistä hiilivelkaa, joka syntyy hakkuiden aiheuttamasta hiilinielujen pienenemisestä metsille. Ympäristöministeriö on esittänyt rakennusmateriaalina käytettävän puun kerryttävän hiilikädenjälkeä vasta, kun puu on toiminut hiilivarastona rakennuksessa 100 vuotta. (Partinen 2021, 24.)

Puu toimii hiilivarastona ja rakennusmateriaalina käytettäessä saadaan hyödynnettyä pitkäikäisesti puun hiilivarasto, verrattuna puun käyttäminen energiatuotantoon tai muuhun lyhytikäisempään kiertokulkuun mikä vapauttaa puun sisältämän hiilen hiilidioksidina ilmakehään (Landström ym. 2021, 116). Ilmastopolitiikka on huomionnut puurakentamisen hyödyt rakentamisen päätöissä ja puun käyttöä rakennusmateriaalina on tuettu hallitusohjelmissa jo 1990-luvulta lähtien (Nyman ym. 2023, 3).

Ympäristöministeriö toteutti puurakentamisen edistämiseksi valtakunnallisen Puurakentamisen ohjelman (2016–2023). Ohjelman loppuraportin mukaan yksi ohjelman saavutuksista oli muun muassa vähähiilisen rakentamisen esiintuominen. Ohjelman vaikuttimien kautta monet kunnat ja kaupungit ovat ottaneet puurakentamisen osaksi hiilineutraaliuden edistämisstrategiaansa. Ohjelman odotetaan antavan pitkäaikaisvaikutuksia puurakentamisen kehitykselle. Valtiovalta on kohdistanut toimia alan kehittämiseen ja opetukseen, mitkä luovat vaikutusta alan toimijoiden panokseen puurakentamisen lisäämisessä ja kehittämässä. (Nyman ym. 2023, 22–26.) Puurakentamisen lisäämisen haasteena on, että puurakentamista ei voida nykytiedon mukaan lisätä Suomen metsien hakkuita lisäämällä, vaan rakennusmateriaaliksi menevän puun pitäisi syrjäyttää muuhun lyhytikäisempään käyttöön menevä puu (Landström ym. 2021, 116).

Suomessa pientalojen uudisrakentamisessa puurunkoisten rakennusten osuus on Partisen (2021, 24) mukaan noin 90 %, joista hirsirunkoisia on noin 20 %. Tilastokeskuksen ja Sedecon mukaan kaikkien rakennusten uudisrakentamisessa puurunkoisten osuus on noin 30 % ja kerrostaloissa vain noin 5 %. Viime vuosina erityisesti uusien puukerrostalojen määrä on kasvanut, vaikkei se olekaan kasvanut suhteessa muuhun kerrostalorakentamiseen. (Nyman ym. 2023, 5.)

Teollinen puurakentaminen on viime vuosikymmeninä kehittynyt ja yleistynyt rakentamismuoto, jonka vaikutus näkyy erityisesti puukerrostaloissa. Lisääntyvä puurakentaminen luo myös teolliselle puurakentamiselle otolliset mahdollisuudet lisäkasvulle. Teollisesta rakentamisesta puhutaan, kun rakennusvaiheen työt tapahtuvat osittain tai kokonaan tuotantolaitoksella. Tehdasvalmiiden elementtien tai rakennuksen työmaatoiminnot tehdään standardoidusti kuivissa sisätiloissa, jolla voidaan saavuttaa etuja muun muassa laadun, työn tuottavuuden ja vähähiilisyyden tavoittelun osalta. (Sipiläinen 2020, 46.)

Hirsirakentaminen on puolestaan vanha rakennustapa, joka on luonnostaan nykyterminologian mukaisesti sekä vähähiilinen, muuntojoustava että kiertotalousajattelua tukeva. Hirsirakentaminen oli 1900-luvulle asti vallitseva rakentamistapa Suomessa. Hirsitaloja voitiin suurentaa tarpeen vaatiessa tai sen sijaintia siirtää joko kokonaisuutena tai purkamalla ja kasaamalla hirsikehikko uudelleen. (Puurunen s.a.) Hirsirakentaminen on myös nykypäivää, jonka edistämistä tuetaan erilaisilla hankkeilla. Hirsirakentaminen on kehittynyt painumattomilla lamellihirsillä, jiirinurkilla ja muilla nykyaikaa palvelevilla innovaatioilla. Moderni hirsikaupunki -hankkeen mukaan hirsi koetaan kulluttajien keskuudessa nykyään ajankohtaisena ja trendikkäänäkin materiaalina. (Lakkala & Pihlajaniemi 2019, 15)

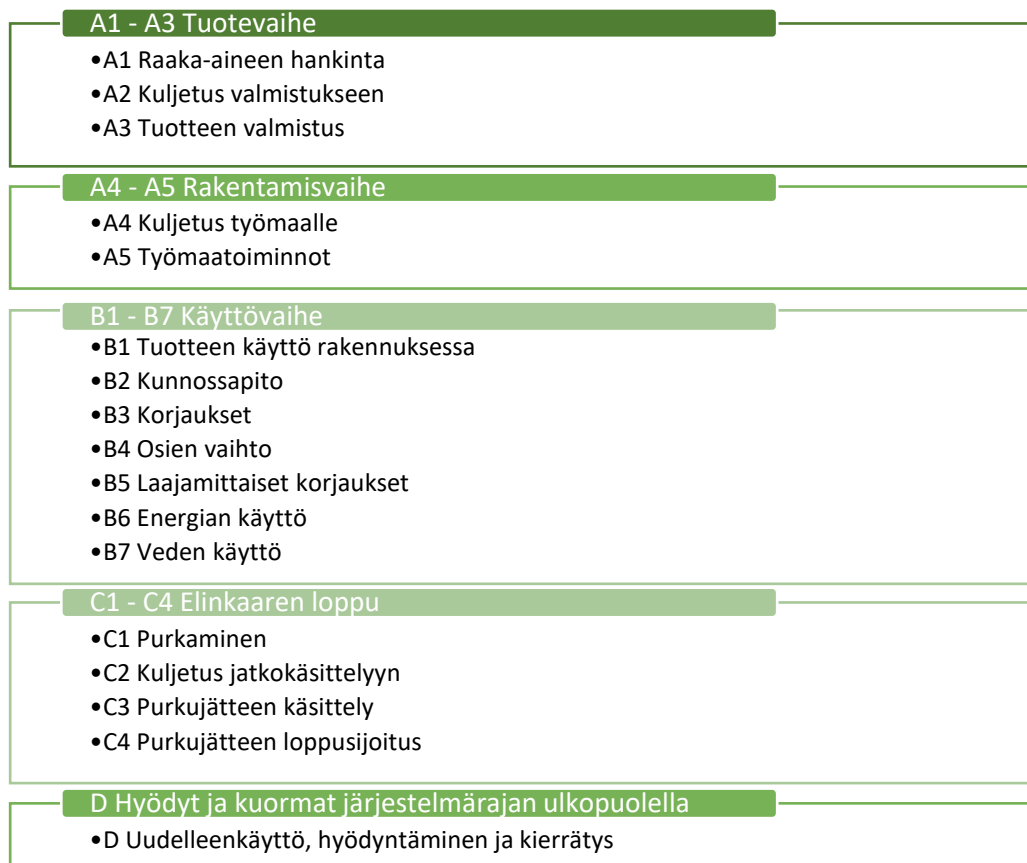
### **3 RAKENNUSTEN VÄHÄHIILISYYDEN ARVIOINTI**

#### **3.1 Hiilijalanjäljen laskenta**

Rakennuksen hiilijalanjälkilaskentaan kuuluu rakennuksen elinkaariarviointi. Rakennuksen tiedot kartoitetaan materiaalitietojen ja -määrien, käyttöiän, pinta-alan ja energiakulutusten osalta. Laskentaa varten selvitetään käytetty-

jen materiaalien ympäristövaikutukset sekä valitaan mahdollinen laskentatyökalu. Lisäksi rajataan mitkä elinkaarivaiheet ja indikaattorit huomioidaan laskennassa ja mitkä osat jätetään laskennan ulkopuolelle. (Westerholm 2022.)

Rakennuksen hiilijalanjälki on suositeltavaa laskea koko rakennuksen elinkaaren ajalta. Rakennuksen elinkaari on luokiteltu moduuleihin A-D (kuva 4). Rakennuksen elinkaaren A-moduuli sisältää kaiken toiminnan ennen rakennuksen käyttötarkoituksen mukaista käyttöönottoa. Tämä on jaoteltu tuote- ja rakennusvaiheeseen, jossa tuotevaihe A 1–3 kuvastaa tuotteen raaka-aineen hankinnan, sen kuljetuksen valmistukseen sekä itse tuotteen valmistusvaiheen. A 4–5 kuvastaa rakentamisvaihetta sisältäen tuotteiden kuljetuksen työmaalle sekä varsinaiset rakennustyömaatoiminnot. B-moduulissa kuvataan rakennuksen käyttöaikaisia toimintoja sisältäen rakennuksessa kulutetun energian- ja veden käytön, pienet ja laajemmat korjaukset sekä yleisen kunnossapidon. Rakennuksen elinkaaren lopussa, moduuli C 1–4, kuvastaa purkamisen ja siitä syntyvän materiaalin käsittelyn, kuljetuksen ja loppusijoituksen mukaan. Moduulien A-C vaiheiden ulkopuolelle jäävät hyödyt sekä haitat kuvataan D-moduulissa. (Häkkinen & Kuittinen 2020.)



Kuva 4. Rakennuksen elinkaarivaiheet (Häkkinen & Kuittinen 2020)



Rakennusten vähähiilisyiden arviointimenetelmän (2021) ohjeistuksen mukaan A-moduuli voidaan laskea joko uudisrakennuksen tai laajamittaisen korjaushankkeen mukaisesti. Laskentaan ei sisällytetä työmaa-aikaisia rakenteita tai tiloja, maatöitä, tontin kasvillisuutta tai pois purettavia rakennuksia, eikä vesistöihin kohdistuvia vaikutuksia. A1-3 vaiheen laskentaan tarvitaan materiaaliuettelo käytetyistä tuotteista rakennuksen, tontin ja taloteknisten järjestelmien osalta sekä arvio työmaalla syntyvästä hukasta. Kuljetuksiin (A4) lasketaan kaikki työmaa-aikainen liikennöinti mukaan lukien väliaikaisvarastointi sekä esivalmistelupaikat. Ainoastaan työntekijöiden työmatkat ja työkoneiden kuljetukset jätetään pois arvioinnista. (Kuittinen 2019; Rakennuksen vähähiilisyiden... 2021.)

Kuljetusten ohjeistuksessa täyttöasteeksi neuvotaan käyttämään tulomatkalle 80 % ja menomatkalle 0 % täyttöastetta. A5 kohdassa työmaatoimintoihin lasketaan ostoenergian ja polttoaineiden päästöjen hiilijalanjälki. Energia-arvioon sisällytetään kaikki työmaalla ja tontilla rakentamisen yhteydessä käytetty energia, kuten myös tontin ulkopuolella olevien väliaikaisten työmaatilojen ja -toimintojen kuluttamat energiat. Energiapäästöjen laskentaan käytetään eri energiamuodoille ja polttoaineille määritettyjä päästökertoimia. Työmaatoiminoista ylijäävien tuotteiden valmistuksen päästöt lasketaan myös osaksi rakennuksen kokonaishiilijalanjälkeä. (Rakennuksen vähähiilisyiden... 2021.)

Kaikilla materiaaleilla ja ostoenergioilla on omat ilmastovaikutuksensa. Nämä määritetään hiilijalanjälkenä, jota käytetään edelleen päästökertoimena. Kertomalla tuotteeseen kuluneen materiaalien ja ostoenergioiden määrät kyseisellä päästökertoimella saadaan laskettua tuotteen kokonaiskasvihuonekaasupäästö eli kokonaishiilijalanjälki. Laskennalla voidaan tunnistaa ilmastopäästöjen vaikuttavimmat tekijät ja tehokkaimmat vähennyskeinot. Suurin hyöty saavutetaan, kun hiilijalanjälkilaskennat tehdään jo rakennuksen suunnitteluvaiheessa. Jos esimerkiksi taloteknisten järjestelmien tiedot ovat vielä puutteellisia tai kesken, voidaan laskentaan käyttää valmiita keskiarvotietoihin pohjautuvia taulukkoarvoja. Raportoinnissa rakennuksen hiilijalanjäljen tulos ilmoitetaan yleisesti hiilidioksidiekvivalenttina, joka jaetaan rakennuksen lämmitetyn pinta-alan sekä arviointijakson pituuden mukaan ( $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^2/\text{a}$ ). (One Click LCA Ltd 2023; Kuittinen 2019.)

Hiilijalanjäljen laskemiseen on tarjolla kaupallisia ja julkisia ohjelmia sekä päästötietokantoja. Suomen ympäristöministeriöllä on kehitteillä oma rakennuksen vähähiilisyden arviointimenetelmä, jonka tarkoituksena on olla yhdenmukainen kansallinen ohjeistus uusien rakennusmääräyksien rinnalla. Tämän kehitystyö on vielä kesken, mutta luonnosversio on jo yleisesti kaikkien käytävissä. (Rakennuksen vähähiilisyden... 2021.)

Rakennusalan elinkaariarvioinnin laskentaohjelmistoista One Click LCA on maailman suurin laskentatyökalu. Se sisältää kattavan sekä luotettavan materiaalipäästötietokannan. Ohjelmistolla on mahdollista laskea haluttujen standardien mukaisesti käyttäen ohjelmiston sisältämää päästötietokantaa tai vaihtoehtoisesti lisätä omia spesifejä päästökertoimia. Ohjelmiston päästötietokanta sisältää primääridataa, eli valmistajakohtaisia päästötietoja, sekä lisäksi tietoja keskimääräisistä paikallisista päästötiedoista, joita kutsutaan sekundääridataksi. Tuloksiin saa halutessaan mukaan myös hiilikädenjälkivaikutuksen sekä kustannustehokkaimmat ja vaikuttavimmat päästöjen vähennyskeinot. Ohjelmiston ominaisuuksiin kuuluu hiilijalanjäljen vertailuanalyysi, jonka avulla voidaan vertailla rinnakkain neljän eri arviointilaskelman tuloksia keskenään. (One Click LCA Ltd. 2023.)

### **3.2 Standardit ja menetelmät**

Rakennuksen hiilijalanjäljen arvioinnissa käytetään ohjeistuksena erilaisia standardeja ja menetelmiä yhtenäistämään arvioinneissa huomioitavia tekijöitä. Perustana toimivat ISO-standardit: ISO 21929-1 Construction – Sustainability indicators ja ISO 14014/44 Life Cycle assessment. Näiden mukaan on luotu EN-standardit: EN 15978 Environmental performance of buildings ja EN 15804 Environmental product declarations. Näiden lisäksi on olemassa kansallisia ja vapaaehtoisia ohjausmenetelmiä ja ympäristösertifiointeja. Laskennan pohjana käytetyt määritetyt standardit ja menetelmät yhtenäistävät laskentoja, mutta laskennassa arvioidaan silti aina tapauskohtaisesti mitkä tekijät laskentaan otetaan mukaan. Tämän vuoksi tulokset eivät aina ole verrannollisia, mikä tulee huomioida tuloksia tarkastellessa ja vertaillen niitä muiden tahojen tekemiin laskelmiin. (One Click LCA Ltd 2023.)

Hiilijalanjätkiarvointien viestinnän selkeyttämiseen on erilaisia ympäristömerkintöjä. Niillä on hieman toisistaan poikkeavia tavoitteita tai ne kohdistuvat tiettyihin tuotteisiin tai kokonaisuuksiin. Ympäristömerkinnät takaavat luotettavamman ja vertailukelpoisemman tuloksen, sillä niiden takana on verifioituja käytäntöjä. Rakennusten hiilijalanjäljen laskemisen pohjana käytetään yleisesti eurooppalaista SFS-EN 15978 -standardia. Se sisältää laskentamenetelmän rakennusten elinkaariarviointiin ja se on vahvistettu Suomessa käytettäväksi kansalliseksi standardiksi. (Häkkinen & Kuittinen 2020.)

Level(s) on menetelmä, joka on laadittu EU:ssa yhtenäistämään rakentamisen resurssitehokkuuden mittaamista. Se antaa pohjan eri maiden mittareille ja luo yhteistä kieltä ja käsitteistöä. Level(s)-menetelmässä on käytössä kuusi päätaavoitetta, joita ovat elinkaaren hiilijalanjälki, resurssitehokas materiaalien käyttö, veden kulutus, terveelliset tilat ja sisäilman laatu, sopeutuminen ilmastomuutokseen sekä elinkaarikustannukset. Lisäksi menetelmää voidaan tarkastella kolmella arviointitarkkuudella, joita ovat yksinkertaistettu, vertaileva sekä yksityiskohtainen arviointi. Nämä antavat mahdollisuuden soveltaa menetelmää eri käyttötarkoituksiin. Level(s)-menetelmä on kaikkien vapaasti hyödynnettävissä. Suomen ympäristöministeriön laatima rakennuksen vähähiilisyden arviointimenetelmä pohjautuu Level(s)-menetelmään ja sen hyödyntämiin standardeihin EN 15643-sarja, EN 15978 sekä EN 15804. (Level(s) s.a.)

## **4 TUTKIMUSAINEISTO JA MENETELMÄT**

### **4.1 Hetki Finland Oy**

Hetki Finland Oy toimii tämän opinnäytetyön toimeksiantajana. Yritys valmistaa Suomessa teollisesti rakennettuja hirsirakenteisia piharakennuksia ja on lanseerannut Hetki Collection -malliston, johon kuuluu kolme erilaista alle 10 m<sup>2</sup>:n piharakennusta. Hetki Sauna ja Hetki Plus ovat ulkosaunoja ja Hetki Cabin yhden huoneen lämmitetty piharakennus (kuva 3). Kustakin kolmesta rakennuksesta on saatavilla neljä erilaista variaatiota, joissa väryitys ja varustelu hieman poikkeavat toisistaan. Hetki-rakennus toimitetaan asiakkaalle aina valmiiksi rakennettuna. Paikan päällä rakennukseen asennetaan sähköt ja mahdollinen puukiuas hormimeineen. Rakennukseen ei tarvitse valaa kiinteää perustusta, vaan siinä on niin sanotut terästassut, joiden varaan rakennus laskeaan. (Hetki Finland Oy Ltd 2024.)

Hetki-piharakennusten runko on kaikissa malleissa Pohjois-Suomen kuusesta valmistettua lamellihirttä ja puutavara tulee sertifioiduista metsistä. Käytetty sertifiointi takaa, että metsiä käytetään kestävästi ja vastuullisesti. Lamellihirren rakenteena on kaksi hirttä liimattuna toisiinsa sydänpuu ulospäin, mikä tekee tuotteesta kestävä ja pitkäikäisen. Lisäksi pohjoisessa kasvanut kuusi kasvaa hitaasti, mikä tekee siitä tiivissyistä ja koostumukseltaan vahvan rakennusmateriaalin. (Hetki Finland Oy Ltd 2024.)



Kuva 3. Hetki Sauna (Hetki Finland Oy Ltd 2024)

Opinnäytetyön tavoitteena oli arvioida Hetki Collection -malliston Hetki Sauna, Hetki Plus ja Hetki Cabin -piharakennusten tuote- ja rakennusvaiheessa syntyvää ilmastovaikutusta. Tuote- ja rakennusvaiheella viitataan SFS-EN 15978 -standardin A-moduuliin (kuva 4). Hetki Collection on lanseerattu vuonna 2023, eikä malliston piharakennuksista ole tehty aiemmin vähähiilisyiden arviointia. Arviointi suoritettiin laskemalla piharakennusten hiilijalanjäljet sekä hiilikädenjäljet One Click LCA -laskentatyökalulla, jossa käytettiin analyysimenetelmänä ympäristöministeriön rakennuksen vähähiilisyiden arviointimenetelmää, versio 2021 (luotu 06/22).

## 4.2 Aineisto

Aineistoon kerättiin hiilijalanjälkilaskentaa varten päästötietoja rakennuksen elinkaaren alkupäätuotannon aikana käytetyistä raaka-aineista, tuotteista sekä kuljetuksista ja energian käytöstä. Laskennassa huomioitiin rakennusten runkorakenteet, vesikate, eristeet, kiinteät pintarakenteet ja tilaelementit sekä lämmitys- ja sähköjärjestelmät. Yksityiskohtaisempi ohjeistus laskennassa huomioituista rakennusosista on lueteltuna taulukossa 2. Lisäksi laskentaan kerättiin tietoa työmaakuljetuksista ja työmaan energian käytöstä. Laskennan ja arvioinnin ulkopuolelle jätettiin ympäristöministeriön rakennuksen vähähiilisyiden arviointimenetelmän mukaisesti sijoitustontin maatyöt ja kasvillisuudet, rakenteiden tuotteisiin kuulumattomat kiinnitystarvikkeet ja tiivistemassat. Tässä työssä tapauskohtaisesti laskennan ulkopuolelle jäi valmiiden piharakennusten kuljetus jälleenmyyjälle ja asiakkaalle sekä tontilla tehtävät kiukaan ja sähköjen asennustyöt.

Taulukko 2. Laskennassa huomioidut rakennusosat

RAKENNUS	
Kantavat rakenteet	Alapohja, kantavat seinät, ikkunat, ulko-ovi, vesikattorakenteet, räystäsrakenteet
Kevyet rakenteet	Väliseinät, väliovet, lattioiden pintarakenteet, sisäkattorakenteet, seinien pintarakenteet, vakiokiintokalusteet, talotekniikkaelementit, hormit ja tulisijat
LVI-JÄRJESTELMÄT	
Lämmitysjärjestelmät	Keskusosat: kattilalaitteistot, savupiiput
	Pääteosat: patterit, säteilylämmittimet
	Alueosat: verkostot, lämpökeskukset, piiput, polttoaineiden varastot, putkistot
Vesi- ja viemärijärjestelmät	Siirto-osat: säiliöt ja varaajat
	Alueosat: talovesijohdot, tonttijohdot, jätevesiviemärit, tarkastuskaivot
Ilmastointijärjestelmät	Putket ja kanavat sekä ulko- ja jäteilmakuilut ja -kanavat
SÄHKÖJÄRJESTELMÄT	
Tuotanto- ja liittäminen	Sähkön tuotantojärjestelmät ja -laitteistot
Pääjakelu	Keskijännitejakelujärjestelmä, pääjakelujärjestelmä
Sähköistys	Kiinteistön laitteiden ja laitteistojen sähköistys
	LVI-laitteiden sähköistys
	Käyttäjän laitteiden ja laitteistojen sähköistys
Valaistusjärjestelmät	Sisä- ja ulkovalaistusjärjestelmä
Sähkölämmitysjärjestelmät	Rakennuksen sähkölämmitysjärjestelmä, lattialämmitykset

Toimeksiantajalta saatujen alustavien materiaali- ja tuotantotietojen pohjalta luotiin kysely, jonka mukaan toimeksiantaja selvitti laskentaan vaadittavia tietoja asiakasyrityksiltään. Kysely sisälsi Hetki Collection -piharakennuksissa käytettyjen materiaalien ja tuotteiden selvitykset näiden määristä ja päästötiedoista. Materiaalien ja tuotteiden kuljetusten osalta selvitettiin kuljetetun rahdin paino, kuljetusmatkojen pituudet, ajoneuvotyyppi ja sen käyttövoima. Tuotantolaitoksen energian kulutus ja energiamuoto selvitettiin vuoden mittaiselta seurantajaksolta, sekä yhden Hetki-rakennuksen osuus vuoden aikajaksosta.

Luotettavien tuloksien saamiseksi pyrittiin laskentaan saamaan primääridataa eli tiedot päästökertoimista ja päästöihin vaikuttavista tekijöistä valmistajien ja palveluntarjoajien omien päästölaskelmien mukaisesti. One Click LCA -laskentaohjelmisto sisältää oman tietokannan, jota hyödynnettiin päästötietojen etsimiseen, jos tietoa ei saatu itse kyselyn avulla. Primääridatan puuttuessa kerättiin sekundääridataa ja arvioitiin näiden edustavuuden perusteella ovatko ne käyttökelpoisia laskentaan. Tarvittaessa päästökertoimia etsittiin myös muista päästötietokannoista. Mikäli käyttökelpoinen data puuttui, jätettiin kyseinen tuote laskennallisen arvioinnin ulkopuolelle.

### 4.3 Hiilijalanjäljen laskenta

Hiilijalanjälkiarviointilaskenta suoritettiin One Click LCA -laskentaohjelmistolla ympäristöministeriön rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmä 2021 mukaisesti. Ennen itse päästölaskentoja laskettiin materiaalien menekit kuutiometreittäin (yhtälö 1) materiaaleille, joiden tiedot oli annettu mittamääräisesti pituuden, leveyden ja syvyyden mukaan.

$$V = s_1 * s_2 * s_3 \quad (1)$$

jossa	$V$	tilavuus	[m <sup>3</sup> ]
	$s_1$	pituus	[m]
	$s_2$	leveys	[m]
	$s_3$	syvyys	[m]

Puu- ja teräsmateriaaleissa osa materiaaleista laskettiin samaan tilavuuteen laskennan sujuvoittamiseksi (ks. liite 1, s. 5).

Pintakäsittelyaineiden litramäärät muutettiin kilogrammoiksi (yhtälö 2) tuottajan ilmoittaman muuntokertoimen mukaisesti.

$$m = V_p * MK \quad (2)$$

jossa	$m$	massa	[kg]
	$V_p$	pintakäsittelyaineen tilavuus	[l]
	$MK$	muuntokerroin	[l/kg]

Kaikki materiaalit ja tuotteet syötettiin ohjelmaan rakenneluokittain. Materiaalien ja tuotteiden päästötiedot määritettiin ohjelmaan ja päästötietojen perusteella tuotteelle syötettiin menekki massan, tilavuuden tai kappalemäärän mukaisesti. Materiaalin hiilijalanjälki laskettiin päästötiedoissa olleen päästökertoimen ja käytetyn määrän mukaan (yhtälö 3).

$$GWP_{materiaali} = MM * GWP_{PK} \quad (3)$$

jossa	$GWP_{materiaali}$	materiaalin hiilijalanjälki	[kgCO <sub>2</sub> e]
	$MM$	materiaalin määrä	[-]
	$GWP_{PK}$	hiilijalanjälki päästökerroin	[kgCO <sub>2</sub> e]

Kyselyllä saadut tiedot kuljetuksista syötettiin laskentaohjelmaan, sisältäen kuljetusmatkojen pituudet, kuljetetun kuorman painomäärät sekä kuljetusmuodot kuorman täyttöaste huomioiden. Hetki-piharakennuksen A4-vaiheen kuljetuksen hiilijalanjälki saadaan laskemalla yhteen menomatkan päästötiedot paluumatkan vastaavilla tiedoilla (yhtälö 4).

$$GWP_{kuljetus} = m_m * s_m * GWP_{tkm,m} + m_p * s_p * GWP_{tkm,p} \quad (4)$$

jossa	$GWP_{kuljetus}$	kuljetusten hiilijalanjälki	[kgCO <sub>2</sub> e]
	$m_m$	kuorman paino menomatkalla	[t]
	$s_m$	menoreitin pituus	[km]
	$GWP_{tkm,m}$	kuljetusmuodon päästö mennessä, sis. kuljetusmuodon, polttoaineen ja kuorman täyttöasteen	[kgCO <sub>2</sub> e/tkm]

$m_p$	kuorman paino paluumatkalla	[t]
$s_p$	paluureitin pituus	[km]
$GWP_{tkm,p}$	kuljetusmuodon päästö palatessa, sis. kuljetusmuodon, polttoaineen ja kuorman täyttöasteen	[kgCO <sub>2</sub> e/tkm]

Kuljetusmuodot ja näiden täyttöasteet olivat haettavissa ohjelman omasta päästötietokannasta.

A5-vaiheen työmaa-aikainen energiankulutus sisälsi tuotantolaitoksen sähkön toteutuneen kulutuksen mukaisesti vuoden ajalta ja tuotantolaitoksen arvion Hetki-piharakennuksen energiankulutuksen osuudesta. Työmaa-aikaisen energiankulutuksen hiilijalanjälki saadaan kertomalla yhden Hetki-piharakennuksen sähkön kulutus energian päästökertoimella (yhtälö 5).

$$GWP_{työm.E} = HR_E * GWP_E \quad (5)$$

jossa	$GWP_{työm.E}$	työmaan energian hiilijalanjälki	[kgCO <sub>2</sub> e]
	$HR_E$	Hetki-rakennuksen energian kulutus	[kWh]
	$GWP_E$	energian päästökerroin	[kgCO <sub>2</sub> e]

Hetki-rakennuksen A-moduulin hiilijalanjälki saadaan laskemalla kaikkien materiaalien ja toimintojen hiilijalanjälkitulokset yhteen (yhtälö 6).

$$GWP_{A-M} = GWP_{materiaali} + GWP_{kuljetus} + GWP_{työm.E} \quad (6)$$

jossa	$GWP_{A-M}$	A-moduulin kokonaishiilijalanjälki	[kgCO <sub>2</sub> e]
	$GWP_{materiaali}$	materiaalien hiilijalanjälki	[kgCO <sub>2</sub> e]
	$GWP_{kuljetus}$	kuljetusten hiilijalanjälki	[kgCO <sub>2</sub> e]
	$GWP_{työm.E}$	työmaan energian hiilijalanjälki	[kgCO <sub>2</sub> e]

Rakennuksen vähähiilisyyden raportoinnin mukaisesti päästövaikutuksen tulos ilmoitetaan myös neliökohtaisesti vuotta kohden rakennuksen arviointijakson ollessa oletusarvoisesti 50 vuotta (yhtälö 7).



$$GWP_{m2/a} = \frac{GWP_{A-M}}{A * a_{50}} \quad (7)$$

jossa	$GWP_{m2/a}$	neliökohtainen hiilijalanjälki	[kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> /a]
	$GWP_{A-M}$	A-moduulin kokonaishiilijalanjälki	[kgCO <sub>2</sub> e]
	A	pinta-ala	[m <sup>2</sup> ]
	$a_{50}$	mökin arviointijakso	[v]

Materiaalien ja tuotteiden hiilikädenjälki laskettiin materiaaleihin varastoituneen eloperäisen hiilen mukaan (yhtälö 8).

$$-GWP_{A-M} = MM * -GWP_{bio} \quad (8)$$

jossa	$-GWP_{A-M}$	A-moduulin kokonaishiilikädenjälki	[-kgCO <sub>2</sub> e]
	MM	materiaalin määrä	[-]
	$-GWP_{bio}$	eloperäisen hiilen päästökerroin	[-kgCO <sub>2</sub> e]

Myös kokonaishiilikädenjäljen tuloksesta laskettiin osuus neliökohtaiselle vuoden aikaiselle ajanjaksolle (yhtälö 7). Hiilijalanjälkeä ja hiilikädenjälkeä ei laskettu yhteen vaan ne ilmoitettiin omina tuloksinaan. Kaikki laskentakaavat ovat One Click LCA -laskentaohjelman (2024) ja rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmän (2021) pohjalta luotuja.

#### 4.4 Produktiivinen osuus

One Click LCA -laskentaohjelmistolla suoritettujen laskelmien perusteella yritykselle luotiin Microsoft Excel -taulukkolaskentaohjelmalla oma laskentatyökalu. Tällä yksilöidyllä työkalulla yritys pystyy päivittämään tuotteiden päästötietoja ja pitää laskelmansa ajan tasalla päästökertoimien ja tuotannossa tapahtuvien muutosten jälkeenkin. Yritykselle tehtiin yksityinen raportointi SFS-EN 15978 -standardissa asetetun ohjeistuksen mukaisesti (liite 1). Raportissa julkistettiin hiilijalanjälki laskentojen yksityiskohtaiset tulokset, käytetyt standardit, menetelmät ja päästökertoimet lähteineen sekä arvioitiin niiden edustavuutta. Lisäksi eriteltiin laskentaan mukaan otetut ja ulkopuolelle jätetyt tekijät perusteluineen. Myös laskennoista saadut tulokset hiilikädenjäljille esitettiin.

Suurimmat päästölähteet huomioitiin ja arvioitiin mitkä toimenpiteet toisivat tehokkaimmat päästövähennykset tuotteen hiilijalanjälkeen. Sekä laskentatyökalu että päästötietoraportti sisältävät luottamuksellista tietoa, joten niitä tai laskentojen yksityiskohtaisia tietoja ei julkaista tämän opinnäytetyön raportoinnissa.

## 5 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU

### 5.1 Laskenta tulokset

Hetki Collection -piharakennuksien A-moduulivaiheen hiilijalanjälkilaskentojen tulokset ovat esitetty taulukossa 3. Hetki Saunan (5,3 m<sup>2</sup>) kokonaishiilijalanjälki on 1029 kgCO<sub>2</sub>e ja hiilikädenjälki –2052 kgCO<sub>2</sub>e, rakennuksen arviointijakson mukaisesti skaalattuna hiilijalanjäljen tulos neliometriä kohti on 3,9 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>/a ja hiilikädenjälki –7,74 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>/a. Hetki Plus -hirsisaunan (8,2 m<sup>2</sup>) kokonaishiilijalanjälki on 1376 kgCO<sub>2</sub>e ja hiilikädenjälki –2907 kgCO<sub>2</sub>e, rakennuksen arviointijakson mukaisesti skaalattuna hiilijalanjäljen tulos neliometriä kohti on 3,4 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>/a ja hiilikädenjälki –7,1 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>/a. Hetki Cabin -piharakennuksen (5,3 m<sup>2</sup>) kokonaishiilijalanjälki on 998 kgCO<sub>2</sub>e ja hiilikädenjälki –1926 kgCO<sub>2</sub>e, rakennuksen arviointijakson mukaisesti skaalattuna hiilijalanjäljen tulos neliometriä kohti on 3,8 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>/a ja hiilikädenjälki –7,3 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>/a.

Taulukko 3. Hetki-piharakennusten A-moduulin hiilijalanjäljen ja -kädenjäljen laskentatulokset

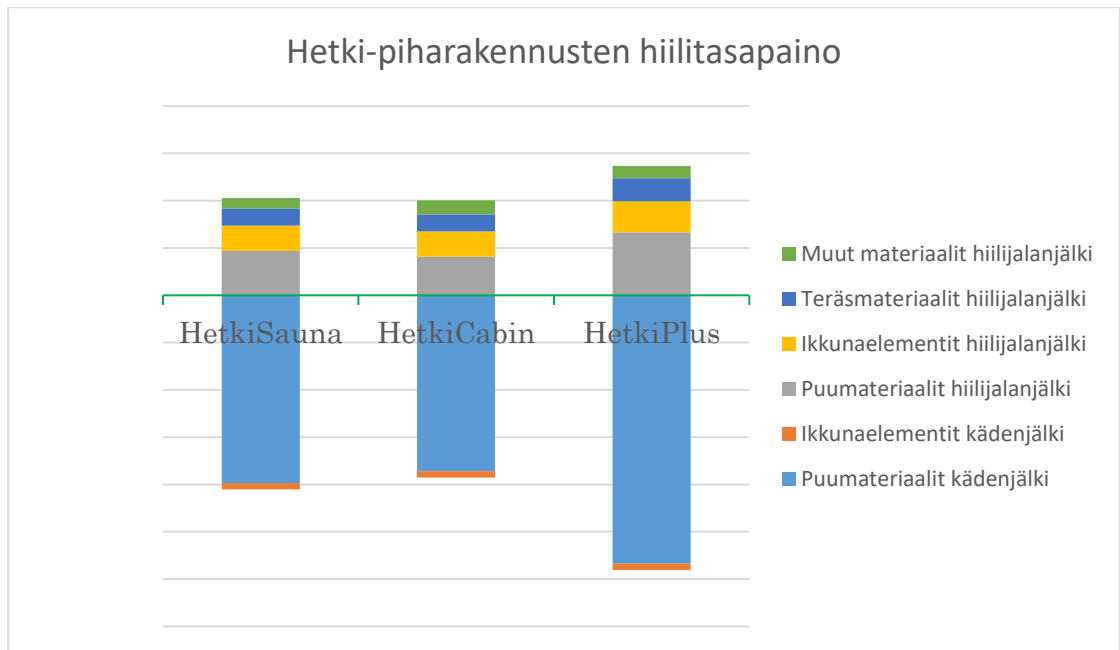
	<i>Hetki Sauna</i>	<i>Hetki Plus</i>	<i>Hetki Cabin</i>
Hiilijalanjälki (kgCO <sub>2</sub> e)	1029	1376	998
Hiilijalanjälki (kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> /a)	3,9	3,4	3,8
Hiilikädenjälki (kgCO <sub>2</sub> e)	-2052	-2907	-1926
Hiilikädenjälki (kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> /a)	-7,7	-7,1	-7,3

Puumateriaalien osuudet ovat esitetty taulukossa 4. Hetki Saunassa puumateriaalin hiilijalanjälki on 470 kgCO<sub>2e</sub> ja hiilikädenjälki –1984 kgCO<sub>2e</sub>. Hetki Cabin:ssa molemmat tulokset ovat alhaisempia, hiilijalanjälki 410 kgCO<sub>2e</sub> ja hiilikädenjälki –1856 kgCO<sub>2e</sub>, koska piharakennus ei sisällä puisia lauteita. Hetki Plus -piharakennus on pinta-alaltaan kahta muuta Hetki-piharakennusta suurempi ja lisäksi sisältää puisen väliseinän, jotka kasvattavat puumateriaalien päästötuloksia hiilijalanjäljen ollessa 666 kgCO<sub>2e</sub> ja hiilikädenjäljen –2834 kgCO<sub>2e</sub>. Puumateriaaleissa on huomioitu hirsirunko, katossa ja lattiasa käytetyt runkorakenteet sekä kattopanelointi, lattialaudoitus ja lauteet.

Taulukko 4. Puumateriaalien hiilijalanjäljen ja -kädenjäljen laskentatulokset

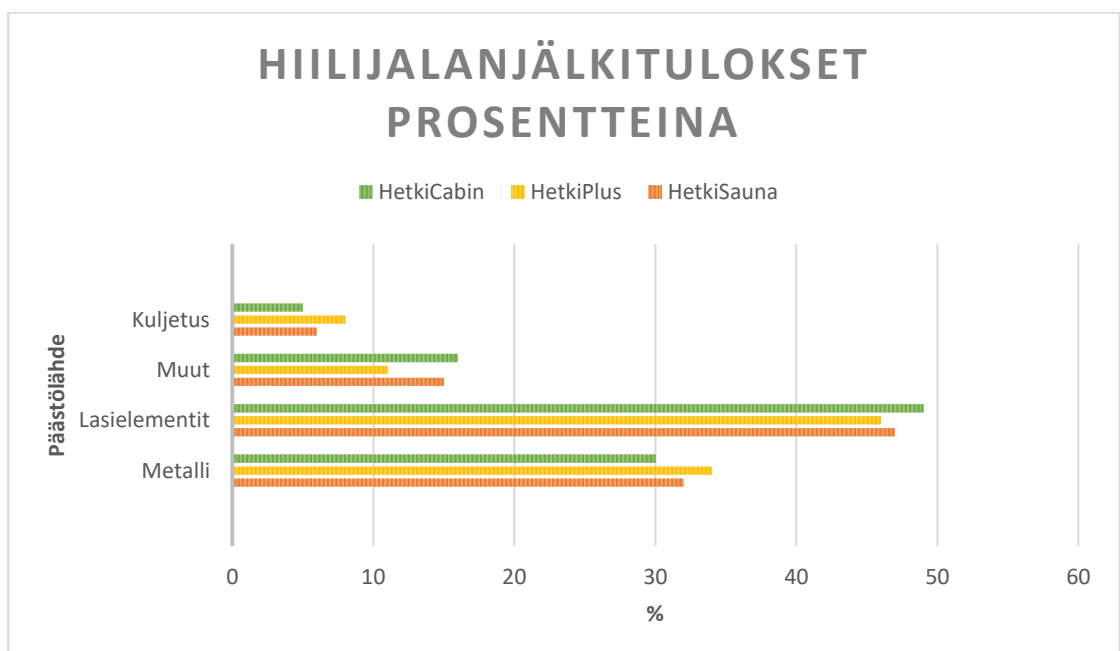
	<i>Hetki Sauna</i>	<i>Hetki Plus</i>	<i>Hetki Cabin</i>
Puumateriaalin hiilijalanjälki (kgCO <sub>2e</sub> )	470	666	410
Puumateriaalin hiilikädenjälki (kgCO <sub>2e</sub> )	–1984	–1856	–2834

Rakennusmateriaalien ja rakentamisen aikaisten päästöjen hiilitasapainoa tarkastellessa voidaan todeta, että suurimpana päästön lähteenä ovat puumateriaalit, joskin niiden hiilikädenjälki on noin nelinertainen puumateriaalien päästöihin verrattuna (kuva 5). Toiseksi suurimpana päästölähteenä ovat lasielementit, joiden sisältämälle puumateriaalille voidaan laskea myös hiilikädenjälkeä, mutta se on vain noin 0,2 kertainen päästöön verrattuna. Kolmanneksi suurin päästölähde ovat teräsmateriaalit, joille ei ole laskettavissa lainkaan hiilikädenjälkeä. Muut-osioon on sisällytetty loput laskennassa huomioitavat päästölähteet, kuten sähköelementit, eristysmateriaalit sekä energian käyttö ja kuljetukset.



Kuva 5. Hetki Collection -piharakennusten rakennusmateriaalien ja muiden päästölähteiden A-moduulin hiilijalanjälkien ja hiilikädenjälkien hiilitasapaino

Hiilijalanjälkitulosten prosentuaaliset osuudet laskettiin kullekin Hetki -piharakennukselle materiaalien osalta, joilla ei ole merkittävää hiilikädenjäljen tuomaa vaikutusta (kuva 6). Toisin sanoen prosentuaalisesta vertailusta on jätetty pois puumateriaalit. Hetki Plus -hirsisauna erottuu näissäkin tuloksissa kahdesta muusta Hetki -piharakennuksesta, vaikkakin huomattavasti maltillisemmin.



Kuva 6. Hetki Collection -piharakennusten A-moduulin merkittävimmät päästölähteet (pl. puumateriaali)

Lasielementtien osuus päästöistä on Hetki Sauna ja Hetki Plus -rakennuksella noin 46–47 % ja Hetki Cabin -piharakennuksella 49 %. Hetki Collectionin kaikkiin kolmen piharakennuksen lasielementteihin sisältyvät 1 500 x 1 500 mm kokoinen ikkuna sekä lasinen ulko-ovi. Hetki Plus -hirsisaunassa on lisäksi lasinen väliovi, joka lisää määrällisesti rakennuksen sisältämien lasielementtien hiilijalanjälkeä, mutta prosentuaalisessa tarkastelussa Hetki Plus:n lasielementtien osuus jää kuitenkin alhaisemmaksi metalli- ja kuljetusosuuksien suurempien päästövaikutusten vuoksi.

Hetki Saunassa teräsmateriaalien osuus päästöistä on 32 %, Hetki Cabin -piharakennuksella 30 % ja Hetki Plus -hirsisaunalla 34 %. Teräsmateriaaleihin sisältyvät muun muassa vesikatteen peltikate, räystäsverkko ja päätypellitykset sekä rakennuksen perustuksena käyttävät teräksiset tassut. Hetki Saunassa ja Hetki Cabin:ssa on neljä terästassua. Hetki plus vaatii puolestaan kuusi terästassua alleen ja lisäksi kattotarpeisiin sisältyviä materiaaleja kuluu muita piharakennuksia enemmän suuremman pinta-alan vuoksi.

Kuljetuksen osuus on Hetki Saunalla 6 %, Hetki Cabin:lla 5 % ja Hetki Plus -hirsisaunalla 8 %. Kuljetukset sisältävät tuotteiden ja materiaalien kuljetukset tuotantoon sekä tuotannon aikaisten hankintojen kuljetukset. Hetki Plus -hirsisaunalle kertyy tuotannollisista syistä kuljetusta hieman muita Hetki-piharakennuksia enemmän, mikä näkyy suurempana osuutena prosentuaalisessa tarkastelussa.

Muut-osion (kuva 6) vaikutus Hetki Saunalla on 15 %, Hetki Cabin:lla 16 % ja Hetki Plus:lla 11 %. Tämä muut-osio sisältää loput laskennassa huomioiduista rakennusmateriaaleista, kuten eristeet, lämmitysjärjestelmät ja pintakäsittelyaineet. Eroavaisuutta selittää piharakennuksissa toisistaan poikkeavat materiaalimenekit sähkökomponenteissa sekä eristeissä. Lisäksi Hetki Plus -piharakennuksella metalli- ja kuljetusosuuksien suuremmat päästöosuudet painavat muut-osion prosentuaalista osuutta pienemmäksi.

## 5.2 Tulosten tarkastelu

Vastaavanlaisista rakennuksista ei löydetty vähähiilisyiden arviointeja vertailukohteiksi tähän työhön. Hiilijalanjälkien vertailu eri tuotteiden välillä on kuitenkin hyvin epävarmaa erilaisten laskentamallien ja rajausten vuoksi, joten vertailuarvo olisi voinut olla olematon. Sen sijaan laskentojen tuloksia tarkasteltiin vertailemalla Hetki Collection -piharakennusten tuloksia keskenään.

Hetki Collection -piharakennukset ovat pitkälti samoilla materiaaleilla ja ratkaisuilla toteutettuja, joten myös tulokset ovat hyvin samansuuntaiset. Tuloksissa on kuitenkin nähtävissä pieniä eroavaisuuksia toisistaan poikkeavien osuuk-sien osalta. Hetki Plus on kahta muuta Hetki-rakennusta isompi pinta-alaltaan, joten materiaalimenekki sekä kokonaispäästö ovat luonnollisesti isompia.

Hetki Cabin ei ole sauna, kuten Hetki Sauna ja Hetki Plus, joten lämmitysjärjestelmä on toisenlainen ja lauteiden puumateriaalien puuttuessa tämä näkyy pienempänä hiilikädenjälkenä kokonaispäästöissä. Sen sijaan neliökohtaisessa päästöissä ei ole huomattavaa eroavaisuutta hiilijalanjäljissä eikä hiilikädenjäljissä.

Hirsirunkoisten ja muutoin pääosin puurakenteisten piharakennusten A-moduulin suurimman yksittäisen kasvihuonekaasupäästön lähteenä ovat puumateriaalit. Puumateriaalien sisältämän eloperäisen hiilen tekemä hiilikädenjälki-vaikutus (Kuittinen 2019) on kuitenkin noin puolet suurempi kuin koko piharakennuksen kokonaispäästö. Puun käyttöä ei tule silti liioitella rakenteissa hiilikädenjäljen kasvattamiseksi. Yleisesti rakennuksen koolla ja rakentamisratkaisuilla voidaan rajoittaa rakentamisvaiheen päästöjä ja ylimääräistä puun käyttöä.

Laskentojen tulosten perusteella merkittävin materiaali päästölähteenä ovat lasielementit, hieman alle 50 % osuudella, kun puumateriaalin osuus on poistettu vertailusta (kuva 6). Lasimateriaalilla on yleisesti melko suuri hiilijalanjälki sen valmistukseen kuluvan energian vuoksi (Raivio ym. 2020, 11). Hetki Collection -piharakennuksissa lasielementtien suuri päästövaikutus syntyy osittain lasielementtien suuresta koosta. Lasielementtien päästöjen osuuteen voidaan vaikuttaa valitsemalla pienemmät lasielementit tai korvaamalla tuotteet vähäpäästöisemmin valmistetuilla lasielementeillä (AGC Glass Europe 2024).

Teräsmateriaalit olivat ikkunaelementtien jälkeen toiseksi suurin päästön- lähde, hieman yli 30 % osuudella. Teräsrakenteisten tuotteiden hiilijalanjälki on lasin tavoin suuri, niin ikään niiden valmistukseen kuluvan energian vuoksi, eikä tämä sisällä hiilikädenjälkeä kasvattavaa ilmastohyötyä (Raivio ym. 2020, 11). Teräsrakenteiden päästöjen osuuteen voidaan vaikuttaa käyttämällä ympäristöystävällisemmin tuotettua terästä tai valitsemalla tarkoitukseen sopiva vähähiilisempi materiaali (Partinen 2021, 26).

Kuljetusten päästöjen määrä laskennassa oli verrattain pieni Suomen sisäisten lyhyiden kuljetusmatkojen ansiosta. Osuudesta puuttui valmiin piharakennuksen kuljetus asiakkaalle. Huomioiden, että yrityksen myynti on suuntautunut ulkomaan markkinoille, on todellinen kuljetuksen osuus päästötuloksissa huomattavan paljon suurempi. Kuljetuksista saatujen tietojen mukaan pääkäyttövoimana toimii diesel. Tulevaisuudessa käyttövoiman korvaaminen biodieselillä tai muulla vähähiilisemmällä vaihtoehdolla saataisiin päästösäästöjä kuljetuksen osuuteen ja pienennettyä koko piharakennuksen ilmastovaikutusta (Landström ym. 2021, 83–89). Kuljetuksen osuus kannattaa huomioida tulevaisuudessa käyttäen laskennassa esimerkiksi arviota kuljetuspituuden keskiarvosta, jotta piharakennusten päästövaikutuksesta voidaan tehdä täsmällisempi ilmastovaikutusarvio.

Hetki piharakennukset rakennetaan teollisesti tuotantolaitoksella, jonka energian kulutus laskettiin toteutuneen kulutuksen mukaan vuoden seurantajak-solta. Tuotantolaitoksen lämmitys toteutetaan uusiutuvalla bioenergialla, jolle ympäristöministeriön arviointimenetelmän (2021) mukaan lasketaan nolla-päästö. Sähkön osuus energian päästöstä jaettiin rakentajan antaman arvion mukaan ja täsmällinen päästökerroin sähkösopimuksen mukaiselle energialle saatiin itse sähköntuottajalta, joten tätä tulosta voidaan pitää oikeellisena. Sähkön käyttö oli ainoa piharakennusten A5-moduulissa syntyvän päästön lähde, joka sekin jäi hyvin pieneksi osaksi piharakennusten päästötuloksessa. Energiapäästöjä on silti mahdollista pienentää entisestään korvaamalla käytetty energiamuoto uusiutuvista lähteistä tuotetulla energialla (Landström ym. 2021, 50–54).

## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Hetki Collection -piharakennukset olivat hiilijalanjälkilaskentojen mukaan elinkaaren tuote- ja rakennusvaiheilta vähähiilisiä. Hiilijalanjälkien tulokset vaihtelivat rakennuskohtaisesti 3,4–3,9 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>/a ja hiilikädenjäljet –7,1– –7,7 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>/a välillä. Hiilikädenjälki oli näin ollen melkein kaksinkertainen hiilijalanjälkeen verraten. Hetki Collection -piharakennusten välillä oli nähtävissä eroavaisuutta hiilijalan- ja hiilikädenjäljissä, mutta vaihtelu oli vähäistä.

Hetki Collection -mallisto on vasta lanseerattu ja tuotanto ei ole vielä vakiintunut. Malliston piharakennuksille ei ole aiemmin tehty hiilijalanjälkilaskelmia tai vähähiilisyden arviointia. Opinnäytetyön edetessä kyselyvaiheeseen selvisi, että monelta tuotevalmistajalta puuttuivat tuoteselosteiden vähähiilisyden arvioinnit tai ne olivat vasta tekeillä, eikä tietoja ennätetty hyödyntämään tässä arvioinnissa.

Rakennuksen vähähiilisyden arviointimenetelmässä (2021) suositellaan käyttämään rakennuksen hiilijalanjälkilaskentoihin EN 15804+A2 -standardin mukaisesti määritettyjä tuotepäästöjä. Monet päästötietokannoista löytyneet laskennassa hyödynnetyt verrannolliset päästötiedot olivat toisistaan poikkeavien standardien ja menetelmien mukaisesti tehtyjä, koska eri vuosina ja eri maissa tehdyissä laskelmissa voi olla poikkeavia ohjeistuksia tuote- ja päästötietojen tekemiseen. Osa Hetki Collection -piharakennuksissa käytetyistä tuotteista jouduttiin jättämään arvioinnin ulkopuolelle, koska käyttökelpoisia päästötietoja ei ollut saatavilla. Näillä voidaan olettaa olevan vaikutusta saatuun tulokseen.

Vähähiilisyys on tällä hetkellä murrosvaiheessa ja monilta osin hiilijalanjäljen ja -kädenjäljen määrittämisen valtakunnalliset ohjeistukset ovat vielä kesken. Puutteellisten päästötietojen lisäksi tulosten luotettavuuteen vaikutti laskennoissa käytetty ympäristöministeriön rakennuksen vähähiilisyden arviointimenetelmä (2021), joka ei ole vielä virallinen laskentamenetelmä, vaan se on kehitysvaiheessa oleva luonnosversio ohjeistuksesta hiilisyyslaskentoihin. (Rakennuksen vähähiilisyden... 2021.)



One Click LCA -laskentaohjelman tekemät laskennat puolestaan eivät ole täysin läpinäkyviä eli tuloksista ei ollut nähtävissä, mitä tekijöitä ohjelmisto otti laskentaan mukaan. Esimerkiksi joidenkin teräsmateriaalien toiminnallisen yksikön ohjelma muunsi kertoimella, jota ei ollut nähtävillä. Laskennan tuloksia tarkastettiin manuaalisesti laskien yrityksen laskentatyökalun luomisen yhteydessä ja laskentatulokset olivat kuitenkin yhtäläiset ohjelmistolla ja käsin laskettuna. One Click LCA -laskentaohjelmistossa ei ollut huomioitavissa nollapäästöä biopohjaiselle lämmitysmuodolle, vaan tälle löytyi päästökerroin, vaikka ohjelmaan oli syötetty laskennan pohjaksi ympäristöministeriön arviointimenetelmä 2021 (One Click LCA 2024; Kuittinen 2019). Epäselväksi jäi millä asteella ohjelma huomioi laskentaan syötettyä arviointimenetelmää, joka lisää tekijän riskiä virheisiin ja luo epävarmuutta laskentaohjelmalla saatujen tulosten luotettavuudesta.

Hiilijalanjäkilaskennan yhteydessä kohdattujen epävarmuustekijöiden vuoksi tuloksia ei voida pitää täsmällisinä, mutta tuloksissa on nähtävissä selkeät linjat suurimmista päästövaikuttajista sekä puun suuresta hiilikädenjäljestä. Teoriapohjaan ja Heki Collection -piharakennusten välisiä tuloksia verrattaessa tuloksia voidaan pitää oikeansuuntaisina (Raivio ym. 2020; Partinen 2021). Työssä onnistuttiin tekemään laskelmat toimeksiannon mukaisesti, jossa rajattiin laskennan laajuus ja siinä tarkasteltavat indikaattorit sekä pystyttiin osoittamaan merkittävimmät päästön lähteet ja näiden vähennyspotentiaali.

Laskennat suoritettiin Hetki Collection Hetki Sauna, Hetki Sauna Plus sekä Hetki Cabin -piharakennusten oletus versiolle vakiovarusteluineen. Tulee huomioida, että tulokset voivat poiketa oleellisesti, jos rakennukseen toteutetaan esimerkiksi erikokoisella ikkunalla tai puisella ulko-ovella. Hiilijalanjälki ja -kädenjälki laskettiin ja näiden tulokset tarkasteltiin työn tekohetkellä saatavilla olleiden tietojen ja menetelmien mukaisesti.

Hetki Collection -piharakennukset ovat suunniteltu ja rakennettu lähtökohtaisesti ilmastoystävällisesti. Rakennukset ovat puurunkoisia ja suomalaisesta puusta tehtyjä, joten hiilivarasto on suuri ja raaka-aineen kuljetusmatkat verrattain lyhyet. Puu runkorakenteena pienentää rakennusvaiheen aiheuttamaa hiilipiikkiä rakennuksen hiilijalanjäljessä (Koste ym. 2023).

Yritys suosii paikallisia toimijoita muissakin tuotevalinnoissaan, joten materiaalien kuljetusmatkat tuotantoon ovat lyhyitä. Hetki-rakennusten anturoiksi riittävät yksittäiset betonilaatat terästassujen alle, mikä pienentää huomattavasti hiilijalanjälkeä esimerkiksi betonivaluun verrattuna. Tällä säästetään sekä maatoissa, että betonin massamäärän mukaisissa päästöissä (Partinen 2021). Hetki Collection -piharakennukset ovat kooltaan kompakteja ja sisältävät vähän tekniikkaa, mikä osaltaan pienentää rakennusten kasvihuonekaasupäästöjä.

Rakennuksen A-moduulissa hiilijalanjälkeen voidaan vaikuttaa suunnitteluvaiheessa materiaalivalintoihin, tilan muuntautumiskyvyn huomioimiseen sekä erityisesti, että rakennus on suunniteltu energiataloudellisesti alueelliseen ilmastoon sopivaksi. Myös kiertotalousajattelu kasvattaa rakennuksen lopullista hiilikädenjälkeä (Raivio ym. 2020.) Materiaalivalinnoissa oleellisinta ei ole pelkkä tuotteen pieni hiilijalanjälki vaan on hyvä huomioida myös materiaalin kestävyys sekä eettisyys. Esimerkiksi ikkunoiden kohdalla ei voida arvioida vain tuotekohtaista päästöä vaan ikkunan tulee olla myös energiatehokas ja kestävä. (Partinen 2021.) Hirsisaunan, kuten muidenkin lämmitettyjen rakennuksien, koko elinkaaren aikainen hiilijalanjälki määräytyy pitkälti saunan käyttövaiheessa käytetystä lämmitysmuodosta ja sen kulutuksesta. Saunan käyttöaikainen energiankulutus voi luoda suuret päästöt, jos käytetty energia ei ole uusiutuvaa. Myös saunan käyttötiheys määrittää päästöjen määrää ratkaisevasti. (Raivio ym. 2020.)

Vähähiilisyyden arviointimenetelmät ja standardit päivittyvät jatkuvasti. Uuden rakentamislain (751/2023) myötä hiilijalanjälkilaskelmat tulevat kasvamaan, mikä edesauttaa tuotteiden päästötietojen lisääntymistä ja saatavuutta. Primääridatan avulla rakennuksista saadaan tulevaisuudessa tehtyä luotettavampia hiilijalanjälkilaskelmia ja ilmastovaikutusarviointeja. Vaikka Hetki Collection -piharakennukset eivät asetu tulevan rakennuslain (751/2023) rakennusluvan alaisiksi ilmastaselvitystarpeineen, saa toimeksiantaja tällä työllä todennettua tietoa piharakennustensa ilmastovaikutuksesta sekä laskentatyökalun, jolla laskelmia voidaan päivittää tulevaisuudessa muuttuvien päästöarvojen ja tuotannossa tapahtuvien muutosten mukaisiksi.

Hetki Collection -piharakennusten vähähiilisyden arviointi voidaan suorittaa loppuun, kun rakennuksen elinkaaren käyttö- ja loppuvaiheiden hiilijalanjäljet saadaan laskettua. Näissä kannattaa paneutua käyttövaiheessa rakennuksen siirtojen ja muunneltavuuden skenaarioihin sekä loppuvaiheessa erilaisiin loppusijoituksen vaihtoehtoihin ja millaiset hiilikädenjälkivaikutukset niillä on mahdollisuus saavuttaa. Näihin Hetki Collection -piharakennuksissa on paljon potentiaalia.

## LÄHTEET

AGC Glass Europe. 2024. Low-Carbon glass. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.agc-glass.eu/en/sustainability/glass-sustainable-architecture/low-carbon-glass> [viitattu 16.4.2024].

Core Writing Team, Lee, H. & Romero, J. (eds). 2023. IPCC, 2023: Sections. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. IPCC, Geneva, Switzerland, s. 35–115. Saatavissa: [https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_SYR\\_LongerReport.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_LongerReport.pdf) [viitattu 17.3.2024].

Hetki Finland Oy Ltd. 2023. Suomalainen hirsisauna valmiina pihallesi. WWW-sivusto. Saatavissa: <https://www.hetkisauna.com/> [viitattu 17.3.2024].

Huttunen, R., Kuuva, P., Kinnunen, M., Lemström, B. & Hirvonen, P. 2022. Hiilineutraali Suomi 2035 – kansallinen ilmasto- ja energiastrategia. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisu 2022:53. PDF-tiedosto. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-811-0> [viitattu 27.3.2024].

Häkkinen, T. & Kuittinen, M. 2020. Kohti vähähiilistä rakentamista – Opas arviointiin ja suunnitteluun. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Ilmastolaki 10.6.2022/423.

ISO 14044:2006. Environmental magement. Life cycle assessments. Requirements and guidelines.

ISO 21929-1:2011. Sustainability in building construction. Sustainability indicators.

Kasvihuonekaasuinventaario. 2024. Tilastokeskus. Päivitetty 26.3.2024. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.stat.fi/tup/khkinv/index.html> [viitattu 3.4.2024].

Kasvihuonekaasupäästöt Suomessa muuttujina Päästöluokka ja Vuosi. 2024. Tilastokeskus. Saatavissa: [https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin\\_khki/statfin\\_khki\\_pxt\\_138v.px/chart/chartViewLine/](https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_khki/statfin_khki_pxt_138v.px/chart/chartViewLine/) [viitattu 22.3.2024].

Koste, O-W., Neuvonen, A. & Perälä, E. 2023. Puurakentamisen tulevaisuus - loppuraportti. Demos Helsinki 3/2023. PDF-tiedosto. Saatavissa: <https://ym.fi/puurakentaminen> [viitattu 31.3.2024].

Kuittinen, M. (toim). 2019. Rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmä. Ympäristöministeriön julkaisu 2019:22. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-029-3> [viitattu 27.3.2024].

Lakkala, M. & Pihlajaniemi, J. 2019. Moderni hirsikaupunki. Tutkimushankkeen loppuraportti. Oulun yliopisto. Teknillinen tiedekunta. Arkkitehtuurin tutkimusyksikkö. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:ISBN:9789526223070> [viitattu 5.4.2024].

Landström, M., Kohl, A., Puroila, S., Sihvonen, R. & Tamminen, S. 2021. Korjausliike – Suomi kohti 1,5 asteen tavoitteen mukaisia ilmastotoimia. Sitran selvityksiä 193. PunaMusta Oy 2021. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.sitra.fi/julkaisut/korjausliike/> [viitattu 27.3.2024].

Level(s) – rakennusten resurssitehokkuuden yhteiset EU-mittarit s.a. Ympäristöministeriö. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://ym.fi/levels-rakennusten-resurssitehokkuuden-mittarit> [viitattu 15.3.2024].

Luonnonvarakeskus (Luke). 2023. Kasvihuonekaasuinventaarion ennakkotietojen mukaan maankäyttösektorin päästöt kasvoivat vuonna 2022. Seuranta-julkistus 14.12.2023. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.luke.fi/fi/seurannat/maatalous-ja-lulucfsektorin-kasvihuonekaasuinventaarion-ennakkotietojen-mukaan-maankayttosektorin-paastot-kasvoivat-vuonna-2022> [viitattu 20.3.2024].

Nyman, J., Antikainen, J., Pyykkönen, S., Anttila, S. & Heikkinen, B. 2023. Puurakentamisen ohjelman 2016–2023 vaikutusarviointi. MDI. Loppuraportti 31.1.2023. PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://api.hankeikkuna.fi/asiakirjat/c6a6a9dc-0592-494e-82cd-00ec8d20065e/916bd875-8c42-4816-9b3a-29a53676ba06/RAPORTTI\\_20230308095007.pdf](https://api.hankeikkuna.fi/asiakirjat/c6a6a9dc-0592-494e-82cd-00ec8d20065e/916bd875-8c42-4816-9b3a-29a53676ba06/RAPORTTI_20230308095007.pdf) [viitattu 29.3.2024].

One Click LCA Ltd. 2024. Vähennä päästöjä kaikilla rakentamisen toimialoilla – Maailman johtava elinkaariarviointiohjelmisto. WWW-sivusto. Saatavissa: <https://www.oneclicklca.com/fi/> [viitattu 27.3.2024].

Pajula, T., Vatanen, S., Pihkola, H., Grönman, K., Kasurinen, H. & Soukka, R. 2021. Carbon Handprint Guide V. 2.0: Applicable for environmental handprint. VTT Technical Research Centre of Finland. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://cris.vtt.fi/en/publications/carbon-handprint-guide-v-20-applicable-for-environmental-handprin> [viitattu 17.3.2024].

Partinen, S-M. 2021. Kestävä koti: Opas hiilineutraalimpaan rakentamiseen. Lahden rakennusvalvonta 2021. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.lahti.fi/asuminen-ja-ymparisto/tontit-ja-rakentaminen/kestavakoti/> [viitattu 29.3.2024].

Puurunen, H. s.a. Hirsirakennusten siirto. Korjauskortisto. Helsinki: Museovirasto Rakennushistorian osasto. PDF-tiedosto. Saatavissa: <https://www.museovirasto.fi/uploads/Meista/Julkaisut/korjauskortti-17.pdf> [viitattu 3.4.2024].

Raivio, T., Laine, A., Klimscheffskij, M., Heino, A. & Lehtomäki, J. 2020. Vähähiilinen rakennusteollisuus 2035. Osa 4. Rakennusteollisuuden ja rakennetun ympäristön vähähiilisyyden tiekartta 2020–2035–2050. Lopullinen versio. Gaia Consulting Oy. Helsinki: Rakennusteollisuus RT ry. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://rt.fi/wp-content/uploads/2023/11/rt-4-vahahiilisyyden-tiekartta.pdf> [viitattu 24.3.2024].

Rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmä 2021. 2021. Ympäristöministeriö. Luonnos lausuntokierrosta varten. Julkaistu 06/21. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.lausuntopalvelu.fi/FI/Proposal/Participation?proposalId=0b297461-cdee-4657-9a4e-d2791315257d> [viitattu 2.4.2024].

Rakennusteollisuus RT. 2024. Lausunto hallituksen esitys eduskunnalle laiksi rakentamislain ja siihen liittyvien lakien muuttamisesta. Julkaistu 1.3.2024. Lausunto. PDF-tiedosto. Saatavissa: <https://rt.fi/2024/03/lausunto-rakentamislain-korjaussarjasta/> [viitattu 31.3.2024].

Rakentamislaki 21.4.2023/751.

SFS-EN 15804:2012 + A2:2019. Kestävä rakentaminen. Rakennustuotteiden ympäristöselosteet. Laadinnan yleissäännöt.

SFS-EN 15978. Sustainability of construction works. Assessment of environmental performance of buildings. Calculation method.

Sipiläinen, I. 2020. Katsaus teolliseen puurakentamiseen – puuelementit. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 2020:16. PDF-tiedosto. Saatavissa: <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/162338> [viitattu 1.4.2024].

Tähkänen, M. & Tähtinen, L. 2022. Buildinglife: Hiilineutraalin rakennetun ympäristön toimintaohjelma. 3.painos. Green Building Council Finland. PDF-tiedosto. Julkaistu 23.5.2022. Saatavissa: <https://figbc.fi/julkaisut/hiilineutraalin-rakennetun-ympariston-toimintaohjelma> [viitattu 17.3.2024].

Westerholm, N. 2022. Puurakentamisen ympäristövaikutukset. HELST Oy. Puuinfo Oy. Päivitetty 22.3.2023. PowerPoint-esitystiedosto. Saatavissa: <https://kaakkuri.finna.fi/Record/aoe.2752?sid=4307034081> [viitattu 31.3.2024].

Hetki Collection -piharakennusten vähähiilisyden arviointiraportti  
(SALASSA PIDETTÄVÄ)