

## Elinkaarinarvioinnin (LCA) tulokset

Toteutettu EN 15978 mukaisesti



ARKADA OY ARKON KIRJURIT OY

**Kohteen nimi:** Koy Nurmeksen Vuokratalot

**Osoite:** Kaarlonkatu 8, 75500 Nurmes, Suomi

**Arvioija ja arvioijan koulutus:** Mika Keskisalo, Insinööri (AMK)

**Työn tilaaja:** Kohti vähähiilistä rakentamista- Joensuu Wood City -projekti

**Päiväys:** 26.2.2020

**Versionumero:** 1.1

# Sisältö

## Käytetyt termit ja lyhenteet

1	Tutkimuksen tarkoitus ja rakennuksen tiedot .....	3
1.1	Arvioinnin perustiedot.....	3
1.2	Arvioitu rakennus, yleistiedot .....	4
1.3	Arvioidun rakennuksen käyttökustannukset (vesi/sähkö/huolto).....	5
2	LCA-arviointitulosten yhteenveto.....	5
3	LCA-arvioinnin tavoite ja järjestelmän rajausta .....	6
4	Arvioidut vaikutuskategoriat.....	8
5	Arviointiin sisältyvät rakennusosat.....	8
6	Ympäristötietolähteet .....	9
7	Projektin tietolähteet ja oletukset.....	9
8	Yksityiskohtaiset arviointitulokset GWP .....	13
9	Carbon Heroes vertailuarvot .....	18
10	Kuhmonkadun kampus tuloksien vertailu toteutettuihin laskelmiin.....	20
11	GWP ehdotetut vähennystoimenpiteet.....	23
11.1	”A1-A3 Tuotteiden valmistus” GWP vähennystoimenpiteet.....	24
11.2	”A4-A5 Rakentaminen” GWP vähennystoimenpiteet .....	24
11.3	”B1-B5 Käyttövaihe” GWP vähennystoimenpiteet .....	25
11.4	”B6 Energian kulutus” GWP vähennystoimenpiteet.....	25
11.5	”C1-C4 Elinkaaren loppu” GWP vähennystoimenpiteet ja kustannukset.....	26
12	One Click LCA laskentatyökalun kuvaus.....	26
13	Pohdinta kohteen LCA-laskennasta .....	27

Liite 1, Bill of Materials (materiaaliluettelo) kattava

Liite 2, Bill of Materials (materiaaliluettelo) selko

Liite 3, LCA-tulokset kattava

Liite 4, LCA-tulokset selko

Liite 5. LCC- tulokset kattava

Liite 6, LCC-tulokset selko

## Versiohistoria

Revisio	Päiväys	Tekijä(t)	Selite (muutokset, korjaukset...)
1	21.02.2020	Mika Keskisalo	Aloitettu määrätietojen keruu sekä tietojen yhdistäminen
1.1	09.03.2020	Mika Keskisalo	Määrätiedot kerätty rakennusasiakirjoista, puutteet vesikattorakenteiden reivaukset sekä jäykistys, energiaselvityksen/energiatodistuksen tiedot
3	xx.xx.20xx	Mika Keskisalo	
4	22.01.2020	Mika Keskisalo	-Täydennetty ontelolaatastomäärät, -VSS-VP4 muutos lecasora→Foamit vaahtolasimurske -

## Käytetyt termit ja lyhenteet

Käytettyjen termien selostus löydettävissä <https://www.lifecycleinitiative.org/resources/life-cycle-terminology-2/>

## 1 Tutkimuksen tarkoitus ja rakennuksen tiedot

### 1.1 Arvioinnin perustiedot

Tutkimuksen tarkoitus:	Tutkimuksen tarkoituksena on laskea kohteen GWP-arviot sekä verrata saatuja arvoja Carbon Heroes benchmark-arvoihin
<i>Hankkeen tyyppi:</i>	Uudisrakennus
Arviointimenetelmä:	EN 15978
Kieli	Suomi
Tutkimuksen lähtötiedot (tyyppi)	Lähtötietoina suunnitteludokumentit: 2D-dokumentit, asiakirjat sekä IFC-mallit.
Tiedot varmennettu jälkiseurannalla	EI
Rakennuksen elinkaari	Keskeneräinen

## 1.2 Arvioitu rakennus, yleistiedot

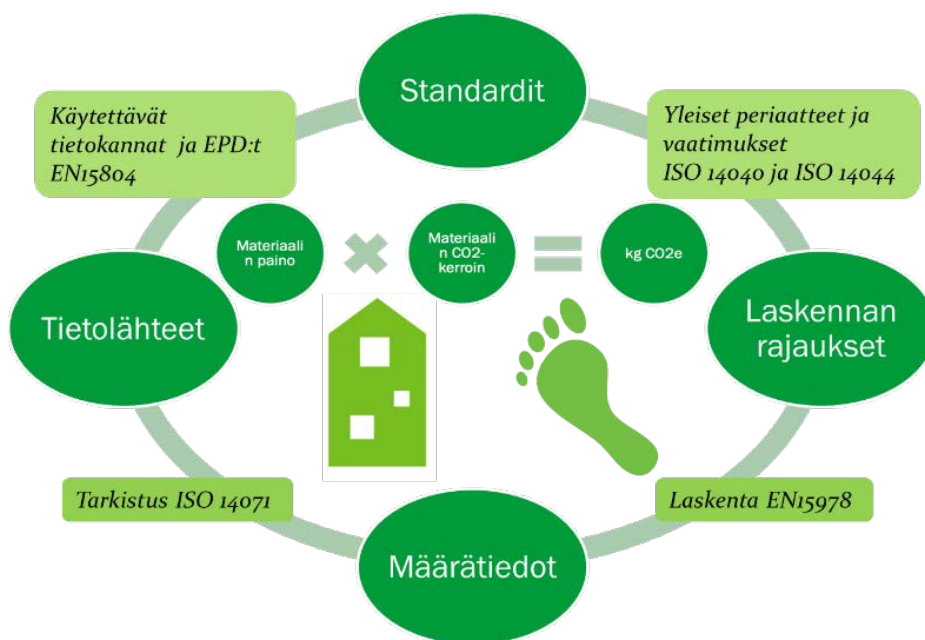
Jos tietoja ei ole saatavilla käytetään N/A merkintää kyseisillä kohdilla.

Rakennustyyppi	Asuinkerrostalo
Rakennus- tai peruskorjausvuosi	2020
Pinta-ala (lämmin)	1107 m <sup>2</sup>
Pinta-ala (puoli-lämmin/kylmä)	N/A
Päärakennusmateriaali	CLT/rankarunkokantavien rakenteiden sekä teräsbetoni rakenteiset perustukset, sokkelirakenteet harkko (betoni täyttövalu)
Ilmastovyöhyke	<i>Finland zone 5</i>
Rakennuksen toiminnot ja palvelut	Asuinrakennus
Rakennuksen käyttömäärät	N/A
Bruttoala b-m <sup>2</sup> /h-m <sup>2</sup>	1107 m <sup>2</sup> / N/A
Kerroslukumäärä ja kuvaus	3- kerroksinen asuinkerrostalo
Lämmitys/jäähdytysjärjestelmä	TÄYDENNETTÄVÄ TIEDOT
Energiatehokkuusluokka (E-luku)	-- (2019) ≤ XX kWh <sub>E</sub> / (m <sup>2</sup> vuosi), energiatehokkuusluokka X
Muut relevantit käyttäjän asettamat tai asetetut rakennusmääräykset	Ei muita erityisvaatimuksia
LCC-laskenta-aika	50 vuotta
LCA- laskenta-aika	60 vuotta (EU LEVELS mukainen) 50 vuotta (YM:n arviointimenetelmä)
Rakennuksen suunniteltu käyttöikä	50 vuotta

### 1.3 Arvioidun rakennuksen käyttökustannukset (vesi/sähkö/huolto)

Vakioidulla käytöllä oleva ostoenergia, sähkö (käytetty laskennassa)	xxx kwh/vuosi
Vakioidulla käytöllä oleva ostoenergia, kaukolämpö (käytetty laskennassa)	xxx kwh/vuosi
Energian kulutus, vuotuinen (Todellinen ostoenergia)	N/A kWh (vakioidulla käytöllä laskettu ostoenergia yhteensä xxx kWh)
Veden kulutus, vuotuinen	N/A m <sup>3</sup> (xx dm <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> vuosi))
Vuotuinen korjausbudjetti	N/A
Huolto- ja ylläpitokustannukset, vuotuinen	N/A
Jätehuoltokustannukset, vuotuinen	N/a
Kiinteistöverot tai kiinteistövuokat	N/A
Rakennuksen kustannusarvio	N/A M€ alv 0%

## 2 LCA-arviointitulosten yhteenveto



Kuva 1 Kuvaaja laskennan kulusta

Rakennuskohteen suunnittelijoiden tiedot

**Arkkitehtisuunnittelu:**

Samuli Sallinen/Heikki Toivanen, Arcadia Oy Arkkitehtitoimisto

**Rakennesuunnittelu:**

Antti Matikainen, Timber Bros Oy

**LVI-suunnittelu:**

Juha Kurkinen, Insinööritoimisto Kurkinen Oy

**SÄH- suunnittelu:**

Sami Itkonen, Insinööritoimisto Varpio Oy

**Energiatodistuksen laatija:**

xx

LCA- arviointi suoritettiin käyttämällä One Click LCA-ohjelmaa. Tulokset on koottu alla oleviin taulukoihin sekä kuvaajiin. Tulokset kuvaavat elinkaaren aikaisia vaikutuksia 60 vuoden rakennuksen käyttöiällä EU Level(s) mukainen tarkasteluajanjakso. Vertailulaskelmissa Ympäristöministeriön arviointimenetelmään tarkasteluajanjaksona on käytetty 50 vuotta.

Arviointitulokset perustuvat kohteesta saatuihin lähtötietoihin sekä suunnitteluvaiheen suunnitteluasiakirjoihin. Tällöin saatuja tuloksia tulisi käyttövaiheen osalta tarkentaa, joko toteumatietojen tai erillisten mittaustietojen osalta koskien energiankulutusta sekä vedenkulutusta.

Materiaalien ja tuotteiden keskimääräiset huolto- ja kunnossapito sekä tuotteiden vaihtovälit perustuvat saatavilla olevaan kirjallisuuteen sekä Suomessa ” RT 18-10922, Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitajakso ” ohjeeseen. Materiaalimenekkien ja hukkien osalta arvioina on käytetty ”Ratu S-1191, Rakennustyön materiaalisat ja -hukat” ja ”Rakennustöiden menekit 2015, RATU KI-6035 (HUOM! Nyt julkaistu uusi Rakennustöiden menekit 2020) sekä OneClick LCA:n omia keskimääräisiä materiaaliakohtaisia hukkia. Kyseisiä arvoja käytetään silloin kun suunnitteluasiakirjoista tietoja ei ole saatavilla tai ne ovat puutteellisia.

### **3 LCA-arvioinnin tavoite ja järjestelmän rajaus**

Arvioinnissa seuraavat elinkaaren vaiheet huomioitiin EN 15804:2012 mukaisesti. Merkattu (x):

Tuotevaihe			Rakentaminen		Käyttövaihe							Elinkaaren loppu				Rakennuksen elinkaaren ulkopuolelle jäävät hyödyt tai haitat		
Raaka-aineen hankinta	Kuljetus valmistukseen	Tuotteen valmistus	Kuljetus työmaalle	Työmaatoiminnot	Tuotteen käyttö rakennuksessa	Kunnossapito	Korjaus	Osien vaihto	Laajamittaiset korj.	Energian käyttö	Veden käyttö	Purkaminen	Kuljetukset	Purkujätteen käsittely	Purkujäte loppusijoitus	Uudelleenkäyttö	Talteenotto	Kierrätys
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D	D	D
	X		X	X				X	X	X				X			X	

Taulukko 1 Arvioidut kohdat

Kuvaus elinkaarivaiheista ja analyysin laajuudesta alla:

<b>A1-A3 Rakennusmateriaalit</b>	Raaka-ainehuolto (A1) sisältää päästöt, jotka syntyvät, kun raaka-aineet otetaan luonnosta, kuljetetaan teollisuusyksiköihin jalostettavaksi ja jalostetaan. Raaka-aine- ja energiahäviöt otetaan myös huomioon. Kuljetusvaikutuksiin (A2) sisältyvät pakokaasupäästöt, jotka johtuvat kaikkien raaka-aineiden kuljettamisesta toimittajilta valmistajan tuotantolaitokselle, sekä polttoaineiden tuotannon vaikutukset. Tuotantovaikutukset (A3) kattavat koneiden käyttämien tuotantomateriaalien ja polttoaineiden valmistuksen, samoin kuin tuotantoprosesseissa syntyvän jätteen käsittelyn valmistajan tuotantolaitoksissa jätteen loppuun asti.
<b>A4 Kuljetus työmaalle</b>	A4 sisältää pakokaasupäästöt, jotka johtuvat rakennusalan tuotteiden kuljetuksesta valmistajan tuotantolaitokselta rakennuspaikalle, sekä käytetyn polttoaineen tuotannon ympäristövaikutukset.
<b>A5 Rakennus- ja asennusprosessi</b>	A5 kattaa pakokaasupäästöt, jotka aiheutuvat energian käytöstä työmaalla, polttoaineen, energian ja veden tuotantoprosessien ympäristövaikutukset sekä jätteiden käsittelyn jätteen loppusijoitukseen saakka.
<b>B1-B5 Huolto- ja materiaalien vaihto</b>	Kunnossapidon ja materiaalien vaihtamisen ympäristövaikutukset (B1-B5) sisältävät ympäristövaikutukset, jotka aiheutuvat rakennustuotteiden vaihtamisesta niiden käyttöön päättyessä. Päästöt kattavat raaka-ainetoimituksista, kuljetuksesta ja korvaavan uuden materiaalin tuotannosta aiheutuvat vaikutukset sekä korvaavan materiaalin valmistuksen ja jätteiden käsittelyn vaikutukset jätteen loppuun asti.
<b>B6 Energian käyttö</b>	Harkittuihin käyttövaiheen energiankulutuksen (B6) vaikutuksiin sisältyvät pakokaasupäästöt kaikesta rakennustason energiantuotannosta sekä polttoaineen ja ulkoisesti tuotetun energian tuotantoprosessien ympäristövaikutukset. Myös energiansiirtotappiot otetaan huomioon.
<b>B7 Veden käyttö</b>	Harkittuihin käyttövaiheen vedenkulutuksen (B7) vaikutuksiin sisältyvät makean veden tuotantoprosessien ympäristövaikutukset ja jäteveden käsittelyn vaikutukset.
<b>C1-C4 Purkaminen</b>	Purkamisen vaikutuksiin sisältyy kierrätettävien rakennusjätevirtojen prosessoinnin vaikutukset kierrätykseen (C3) jätteen loppupäähän saakka tai esikäsittelyn ja kaatopaikalle sijoittamisen vaikutukset jätevirtoihin, joita ei voida kierrättää (C4), materiaalityypin perusteella. Lisäksi dekonstruktiovaikutuksiin sisältyvät jätteiden energian talteenotosta aiheutuvat päästöt.
<b>D Ulkoiset vaikutukset / käyttöön lopun edut</b>	Ulkoisiin etuihin sisältyy kierrätettävän rakennusjätteen kierrätyksestä aiheutuvat päästöedut. Uudelleenkäytettyjen tai kierrätettyjen materiaalityyppien etuihin sisältyy neitsytpohjaisen materiaalin korvaamisen kierrätetyllä materiaalilla myönteinen vaikutus ja hyöty materiaaleille, jotka voidaan ottaa talteen energian avulla, katettava positiiviset vaikutukset muiden energiavirtojen korvaamisessa energiantuotannon keskimääräisten vaikutusten perusteella.

Taulukko 2 LCA- vaiheiden kuvaukset

## 4 Arvioidut vaikutuskategoriat

Vaikutuskategoria	Yksikkö	Kuvaus
Lämmityspotentiaali GWP- Global warming potential	kgCO <sub>2</sub> eq	Eri kasvihuonekaasuja vertailtaessa yksikkönä käytetään lämmityspotentiaalia (global warming potential, GWP), joka mittaa kaasun aiheuttamaa lämmitysvaikutusta hiilidioksidiin verrattuna massayksikköä kohti 20 tai 100 vuoden aikana. Tässä tarkastelussa käytössä GWP100.

Taulukko 3 Arvioidut vaikutuskategoriat

## 5 Arviointiin sisältyvät rakennusosat

LCA analyysi sisälsi seuraavat rakennusosat. (TALO2000-luokitus käytössä rakennusosien erittelyn osalta elinkaariarvioinnissa):

Rakennusosa	Sisältyy laskentaan	Kommentit
<b>Kantavat rakenteet ja vaippa</b>		
Runko	KYLLÄ	
Välipohjat	KYLLÄ	
Katto	KYLLÄ	Ei sisällä vesikaton reivauksia eriteltynä, mutta sisältää katemateriaalit.
<b>Portaat</b>	KYLLÄ	
Ulkoseinät	KYLLÄ	
Ikkunat ja ovet (ulko)	KYLLÄ	Ei sisällä erillisiä detaljiosia mm.kiinnitysosat
Sisäseinät ja väliseinät	KYLLÄ	
Ovet (sisä)	KYLLÄ	Ei sisällä erillisiä detaljiosia mm.kiinnitysosat
<b>Pintakäsittelyt</b>		
Seinien pintakäsittelyt	KYLLÄ	Rajattavissa pois rajaussäännön mukaisesti
Lattioiden pintakäsittelyt	KYLLÄ	Rajattavissa pois rajaussäännön mukaisesti
Sisäkatot (sisältäen pintakäsittelyt)	KYLLÄ	
Kosteussulut ja höyrynsulut	KYLLÄ	Määrät arvioitu
<b>Rakennuslaitteet ja kalusteet</b>		
Palokatkot/mansetit ja palokatkomassat	EI	
Kiintokalusteet ja laitteet	EI	tarvitsisi urakoitsijan tiedot, eivät sisälly Levels
<b>Palvelut</b>		
Märkätilojen ja WC-tilojen kalusteet	EI	tarvitsisi urakoitsijan tiedot, eivät sisälly Levels
Palvelu- ja huoltokalusteet	EI	
<b>Jätehuolto</b>	EI	
LVI-tekniikka, vesi	KYLLÄ	Käytetty keskimääräisiä OneClick LCA arvoja m2
LVI-tekniikka, lämmitys	KYLLÄ	Käytetty keskimääräisiä OneClick LCA arvoja m2
LVI-tekniikka, ilmanvaihto	KYLLÄ	Käytetty keskimääräisiä OneClick LCA arvoja m2
Sähköjärjestelmät	KYLLÄ	Käytetty keskimääräisiä OneClick LCA arvoja m2
Kaasujärjestelmät	EI	
Hissit	KYLLÄ	Lisätty KONE- tiedot ARK-mukaan



IT-tekniikka, valvonta CCTV	EI	
IT-tekniikka, viestintä ja tietoverkot	EI	
Muut järjestelmät	EI	
Tontti		
Piha-rakenteet, kaivut ja täytöt	KYLLÄ	AP-täytöt ja routaeristeet.
Viemäri ja sadevesijärjestelmät	EI	
Ulkorakennukset	EI	

Taulukko 4 Sisällytetyt rakennusosat arvioinnissa

## 6 Ympäristötietolähteet

One Click LCA LCA EN-15978 mukaista työkalua käytettiin arvioinnissa. Työkalu tukee CML- metodologiaa ja kaikkia arvioituja vaikutuskategorioita. Kaikki aineistot työkalussa ovat yhteneviä EN 15804 standardin kanssa. Listaus datalähteistä on kuvattu liitteissä.

Ympäristöselostetietokantoina sekä ympäristöselosteiden hakuehtona pyritään käyttämään tuotteita sekä materiaaleja, jotka vastaavat mahdollisimman hyvin niin teknisiltä ominaisuuksiltaan, maantieteelliseltä edustavuudeltaan kuin ajalliselta edullisuudeltaan suunnitteluasiakirjoissa mainittuja tuotteita. Ensisijaisesti pyritään käyttämään valmistajakohtaisia ympäristöselosteita (EPD), jotka vastaavat suunnitteluasiakirjoissa mainittuja tuotteita sekä materiaaleja ominaisuuksiltaan (tekniset ja visuaaliset). Jos tuotteille ei löydy tyydyttävää vastinetta tietokannoista käytetään sille generisiä oletusarvoja hiilijalanjäljen ja hiilikädenjäljen osalta.

## 7 Projektin tietolähteet ja oletukset

LCA-laskenta suoritettiin kohteelle käyttämällä One Click LCA ohjelmaa perustuen suunnittelutietoon, joka oli kohteesta saatavilla. Pääasiassa projektin lähtötietodokumentit ovat 2D-kuvia ja PDF-asiakirjoja, kohteesta oli saatavilla ARK/RAK tietomallit. Tietomalliohjetta ei ollut saatavilla kohteesta, joten tietomallitason voidaan olettaa olevan tasolla 1. Tätä oletusta tukee RAK-puolen visuaalinen massamalli, jota on käytetty rakennustyömaan apuna. Tiedot koottiin tietomalleista määrälueteloiksi siirtäen OneClick LCA malliin pääasiassa seinien, välipohjien ja kattopintojen pinta-aloja käyttäen ja kertomalla kyseiset alat rakennetyypikohtaisilla materiaalipaksuuksilla. CLT:n ja liima-putkkipalkkien osalta käytettiin kerroskohtaisten suunnitelmien sekä RAK-detaljien pohjalta olevia määrätietoja (m<sup>3</sup>). Tietomallin kuutiomääriä käytettiin myös itselle tarkastuksessa arvioitaessa

tuloksien luotettavuutta. Ikkunoiden ja ovien osalta käytettiin niiden yhteenlaskettuja pinta-aloja sekä käyttämällä tälle tietokannoista olevaa lähintä vastinetta. Tietokannan hakuehtona käytettiin ikkunoille sekä oville määritettyjä rakennusselostuksen tietoja (U-arvo sekä materiaalit). Kohteessa ikkunat ovat pääasiassa puu-alumiini ikkunoita, joiden U-arvo vaatimuksena alle 0,8 W/m<sup>2</sup>K. Ulko-ovet parvekkeiden osalta 4-lasisia ja kerrostaso-ovet maalattuja osastoiva puuovia U-arvo alle 1,0 W/m<sup>2</sup>K.

Elinkaaren lopussa (C) olevat skenaariot on tässä tapauksessa määritetty ei tyydyttävälle tasolle lähtötietojen arvioinnin osalta, koska käyttäjä ei voi määrittää näitä skenaarioita itse laskentaohjelmassa. Tämä johtaa siihen, että OneClick LCA ohjelma käyttää tämän elinkaaren vaiheen arviointiin tietoja, joita ei ole riittävällä varmuudella osoitettu tuloksissa mm. arviointitavan osalta. Tutkittaessa asiaa tarkemmin heidän sivuiltaan sekä heidän asiakastuelta kysyttäessä on siellä viitattu yleiseen tutkimustietoon. Tämä tutkimustieto voi kuitenkin olla kerätty maantieteellisesti erilaiselta alueelta, jossa menettelytavat jätehuollon sekä menetelmien osalta voivat olla eriävät Suomen jätehuoltojärjestelmään verrattaessa. Vertailtaessa tuloksia kyseisen rakennuksen elinkaaren vaiheen C- osalta tulee tarkistaa vertailukohteessa käytetty skenaario.

Huom! Arviointiin ulkopuolelle jätettävät rakennusmateriaalit saavat kattaa alle 1 % rakennuksen kokonaismassasta tai energian kulutuksesta, mutta tarkastelun ulkopuolelle jätetyt materiaalit kokonaisuudessaan eivät saa silti ylittää 5% rakennuksen kokonaisenergian kulutuksesta tai massasta (EN15804/EN 15978). Materiaalien rajausta ei saa kuitenkaan käyttää tulosten salailuun tai peittämiseen, joka on mainittu standardissa lauseella “all inputs and outputs to a (unit) process shall be included in the calculation, for which data are available”

Analyysialue	Datalähteet
<b>Materiaalimäärät (A1-A3)</b>	2D- dokumentit (ARK-RAK-kuvat) sekä asiakirjat mm. rakennusselostukset
<b>Rakennusmateriaalin kuljetusestisyydet (A4)</b>	Erillistä tietoa ei ollut, joten kuljetusmatkana käytetty 300 km. Pois lukien valmisbetoni, jolle 70 km. Todellisuudessa kuljetusmatka voi olla suurempi, jos tuote ei ole tullut suoraan tehtaalta työmaalla vaan kulkenut välivarastojen kautta. (Lähde: www.eebguide.eu)
<b>Rakennus ja asennusprosessi (A5)</b>	Käytetty laskennassa neliökohtaisia oletusarvoja
<b>Materiaalin käyttöikä (B1-B5)</b>	Rakennusosien käyttöiät RT 18-10922 “Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitajaksot” mukaan.
<b>Energian kulutus (B6)</b>	Energiankulutuksen arvot saatu energiaselvityksestä (selvityksen antaja: Rakennuttajatoimisto Protiimi Oy)
<b>Veden kulutus (B7)</b>	Vedenkulutuksen arvio saatu energiatodistuksesta

<b>Elinkaaren loppu ja purkuvaihe (C)</b>	OneClick LCA ohjelman mukaiset skenaariot elinkaaren lopussa, joihin käyttäjä ei voi itse vaikuttaa muuten kuin antamalla materiaalmäärät
<b>Rakennuksen elinkaaren ulko- puolelle jäävät hyödyt tai haitat (D)</b>	Tuotteen tai materiaalin ympäristöselosteessa mainitut tiedot hiilivarastoille, betonin karbonisoitumista OneClick LCA ei ota huomioon.

Taulukko 5 Analyysialue ja kuvaus

Elinkaaren vaiheet	Teknologinen edustavuus	Maantieteellinen edustavuus	Ajallinen edustavuus	Epävarmuus	Vähimmäisvaatimukset
A1-3	2	2	2	2	Tiedot min.tasoa 2
A4	0	3	0	0	Maantieteellinen edustavuus oltava tasoa 3
A5	0	2	0	0	Maantieteellinen edustavuus min. tasoa 2
B3-4	2	2	1	1	Maantieteellinen edustavuus min. tasoa 2
B6	2	3	2	2	Tiedot min. tasoa 2
C1	0	1	1	1	Ei minimitasoja
C2	1	1	1	1	Ei minimitasoja
C3	1	1	1	1	Ei minimitasoja
C4	1	1	1	1	Ei minimitasoja
D	1	1	1	1	Ei minimitasoja

Taulukko 6 Lähtötietojen arviointi (Lähde: [Rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen arviointityökalu](#); Ympäristöministeriö)

Tietojen laadun arvioinnissa käytettävä pisteytys				
	0	1	2	3
<b>Teknologinen edustavuus</b>	Ei arvioitu	Tieto ei vastaa tyydyttävästi tuotteen teknisiä ominaisuuksia	Tieto vastaa osittain tuotteen teknisiä ominaisuuksia	Käytetty tieto vastaa hyvin tuotteen teknisiä ominaisuuksia
<b>Maantieteellinen edustavuus</b>	Ei arvioitu	Tieto viittaa täysin erilaiseen maantieteelliseen kontekstiin (esim. Italia Suomen sijaan)	Tieto viittaa samankaltaiseen maantieteelliseen kontekstiin (esim. Norja Suomen sijaan)	Käytetty tieto viittaa tiettyyn maantieteelliseen kontekstiin
<b>Ajallinen edustavuus</b>	Ei arvioitu	Tiedon validoinnin ja sen hyödyntämisen välillä on yli 6 vuotta	Tiedon validoinnin ja sen hyödyntämisen välillä on 2-4 vuotta	Tiedon validoinnin ja sen hyödyntämisen välillä on alle 2 vuotta
<b>Epävarmuus</b>	Ei arvioitu	Käytetään mallinnettua tai vastaavaa tietoa. Paikkansapitävyys ja täsmällisyys on arvioitu laadullisesti (esim. toimittajan ja prosessin operaattorin asiantuntija-arvio)	Käytetään mallinnettua tai vastaavaa tietoa, joka on arvioitu tyydyttävän paikkansapitäväksi ja täsmälliseksi, ja sitä tukee määrällinen epävarmuusarvio	Käytetään hankekohtaista ja validoitua tietoa, jota voidaan pitää tyydyttävän paikkansapitävänä ja täsmällisenä (esim. tehty vahvistettu EPD)

### Muut oletukset laskennassa:

Laskettaessa LCI-kustannuksia tullaan vuotuisina huoltokustannuksina käyttämään budjetoituja arvoja, jos niitä on saatavilla. Muussa tapauksessa käytetään keskimääräisiä tietoja neliötä kohden sekä tuotekohtaisten hintojen osalta OneClick LCA oletusarvoja. Kyseiset oletusarvot sisältävät tuotteen/materiaalin markkinahinnan, työ kustannukset, paikalliset kustannusindeksit ja työkohtaiset indeksit.

Materiaalien osalta on käytetty saatavilla olevia EPD-tietoja tuotteille. Pääasiassa käytetyt tietokannat ovat RTS (<https://epd.rts.fi/fi>) tai Norjaan hyväksytyt EPD :t. Laatoille ja tiililaatoille on käytetty Ranskan, Italian ja Saksan tietokantoja. Pääasiallisen valintakriteeriä toimivat tuotteen teknisten ominaisuuksien samankaltaisuus. One Click LCA käyttää tietokantoina eri maiden tietokantojen yhdistelmiä mm. Ecoinvent sekä Gabi. Halutessaan käyttäjä voi syöttää myös itse tietokantaan materiaalien sekä tuotteiden EPD- tietoja jos niitä ei ole tietokannoissa (vaatii erillisen lisenssin).

Betoniraudoituksen osalta ympäristövaikutuksia on arvioitu yleisen suomelle olevan generisen One Click LCA materiaalin tietoja käyttäen (kierrätysmateriaalin osuus 97 %) 0,5 kg CO<sub>2</sub>e/kg. (Tämä arvo on osaltaan hieman suurempi kuin Celsa Steel valmistajan ilmoittama arvo 0,42 kg CO<sub>2</sub>e/kg). CLT:lle ja liimapuupalkeille on käytetty tuoteominaisuuksiltaan vastaavia EPD-ympäristöselosteita kohteeseen valittujen tuotteiden ympäristöselosteita ei ollut saatavilla. Jos halutaan käyttää

valmistajakohtaisia tuotekohtaisia tietoja, suositellaan tuotteen valmistajalle laitoskohtaisen EPD:n hankintaa esim. RTS- EPD.

## 8 Yksityiskohtaiset arviointitulokset GWP

**LCA toteutuksen kokonaisarvosana: X.** Ohjelma löysi huomautettavaa laskennan tässä vaiheessa alla olevista kohdista: EI VOI LAITTA VIELÄ TOTEUTUKSEN KOKONAI SARVOSANAA KUN UUPUU ENERGIATIEDOT

- Pintojen viimeistelyt uupuvat tai niiden osuus on normaalia vähäisempi (*Pintojen viimeistelyjen kokonaisvaikutus jää rajausehdon sallimiin rajoihin eikä niitä sisällytetä laskelmiin.*)
- Tuntoja ja vahvistuksia ei ole ilmoitettu, tietoa ei ollut saatavilla
- Päällysteitä ei ole huomioitu tarkastelussa
- Alueen varusteet on rajattu laskennan ulkopuolelle
- Alueen rakenteet, katokset ym. rajattu laskennan ulkopuolelle
- Hormit ja tulisijat, sisältyvät rakenneosien tarkasteluun
- Tilaelementtejä ei ole erikseen huomioitu rakennuksessa

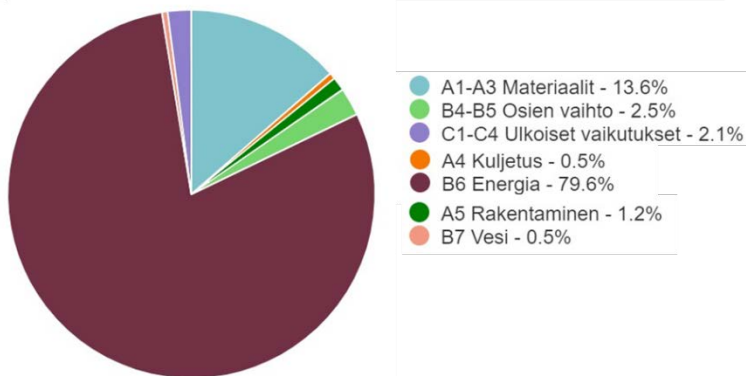
## Level(s) rakennuksen elinkaaren hiilijalanjälki standardin EN 15978 mukaan

Epätäydellinen elinkaari.

Osa-alue	Ilmaston lämpeneminen kg CO <sub>2</sub> e	Hiilivarasto, biogeeninen kg CO <sub>2</sub> e bio
A1-A3 ? Tuotevaihe	6,1E5	9,88E5
A4 ? Kuljetus rakennuspaikalle	2,44E4	
A5 ? Rakentamisvaihe	5,34E4	
B1 ? Use Phase		
B4-B5 ? Osien vaihto ja peruskorjaukset	1,1E5	
B6 ? Energian käyttö	3,55E6	
B7 ? Veden käyttö	2,25E4	
C1-C4 Purkaminen	9,2E4	
D ? Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset (ei mukana summavivillä)	-4,73E5	
<b>Yhteensä</b>	<b>4,47E6</b>	<b>9,88E5</b>
<b>Tulos jakajaa kohti</b>		
Per gross internal floor area m <sup>2</sup> / year	2,41E1	5,33E0
Per gross internal floor area m <sup>2</sup>	1,45E3	3,2E2

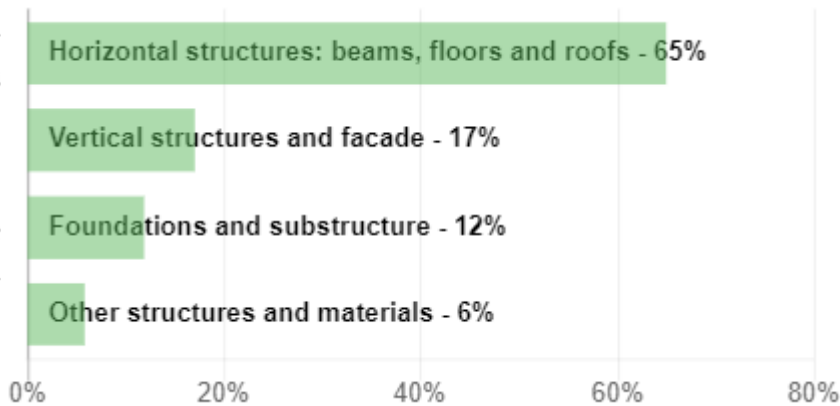
LCA-laskentamenetelmänä käytettiin osittain tarkennettua arviointimenetelmää. Laskennassa huomioitiin kohdekohtaiset energiatodistuksessa mainitut osto energian määrät, jotka yhdenmukaistavat kohteiden sääolosuhteet vastaamaan Helsingin säädatan vertailuarvoa. Tällöin energiankulutuksen arvot ovat keskenään vertailukelpoisempia haluttaessa tarkastella energiatehokkuuden saavuttamiseksi ratkaisuja. Ympäristöministeriön arviointimenetelmästä poiketen kaukolämmölle valitaan paikkakunta-kohtaiset kaukolämpölaitoksen päästöarvot, koska näihin päästöihin on mahdollista vaikuttaa kiinteistön mm. lämmitysmuotojen valinnalla. Energiankulutuksen (B-vaihe) ja tuotevaiheen (A-vaihe) valintojen optimoinnilla on mahdollisuus saada aikaan suurimpia GWP (kgCO<sub>2</sub>e) vähennyksiä (kts. kappale 9).

### Ilmaston lämpeneminen, kg CO<sub>2</sub>e - Elinkaaren vaiheet



Kuva 2. GWP100 elinkaaren vaiheiden mukainen jakauma

A1-A3 elinkaarivaiheiden osalta jätettiin pois osa detaljitason tiedoista. Kyseisiä laskennan ulkopuolelle jätettäviä tietoja olivat rakennuskiinnikkeiden määrät (naulat sekä ruuvit) näiden osuus olisi ollut massaltaan merkityksetön ja määrät olisivat perustuneet osaltaan laskijan henkilökohtaisiin arvioihin. (Nauloille ei ole vielä EPD- hyväksyntää tietokannassa, mutta ruuveille löytyisi kuitenkin tiedot OKOBAUDAT-tietokannasta.)



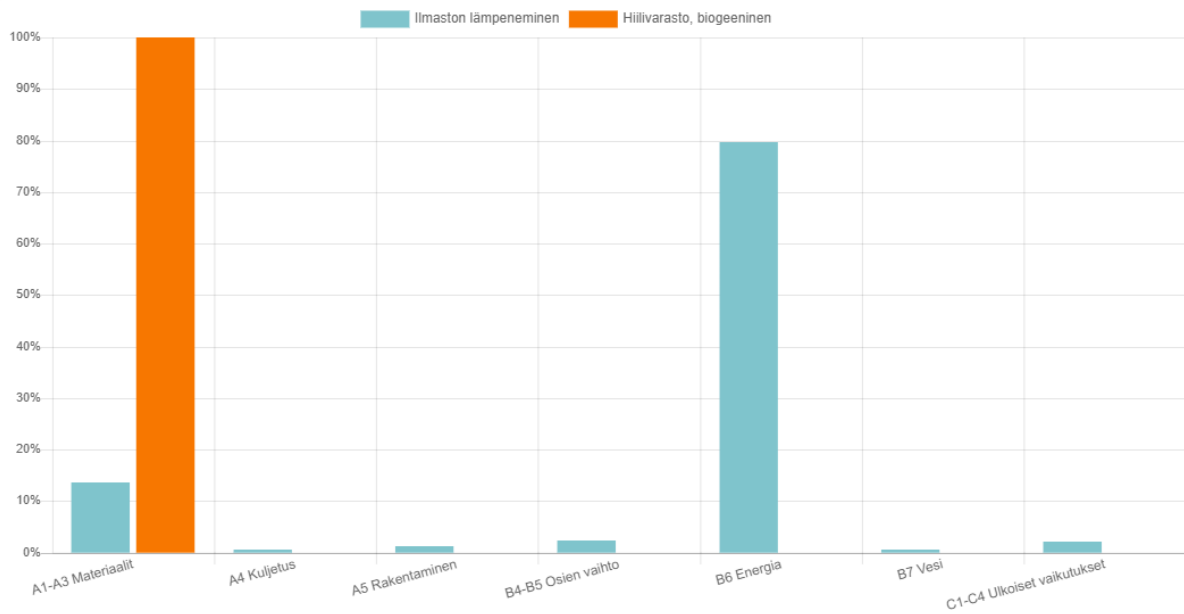
Kuva 2. Rakennusosien osuus päästöistä (A1-A3)

Vaakarakenteet kattavat 65 % rakennusosien GWP-osuudesta ja näiden osuudesta suurin osuus tulee leekin liimapuupalkkien sekä pintavalujen (betoni) hiilijalanjäljestä (Kuva 2). Kuvasta 3 voidaan havaita, että vaikka betonin osuus hiilijalanjäljestä on suurin ~41 % niin myös rakennuksen lämmöneristeillä on merkittävä vaikutus.

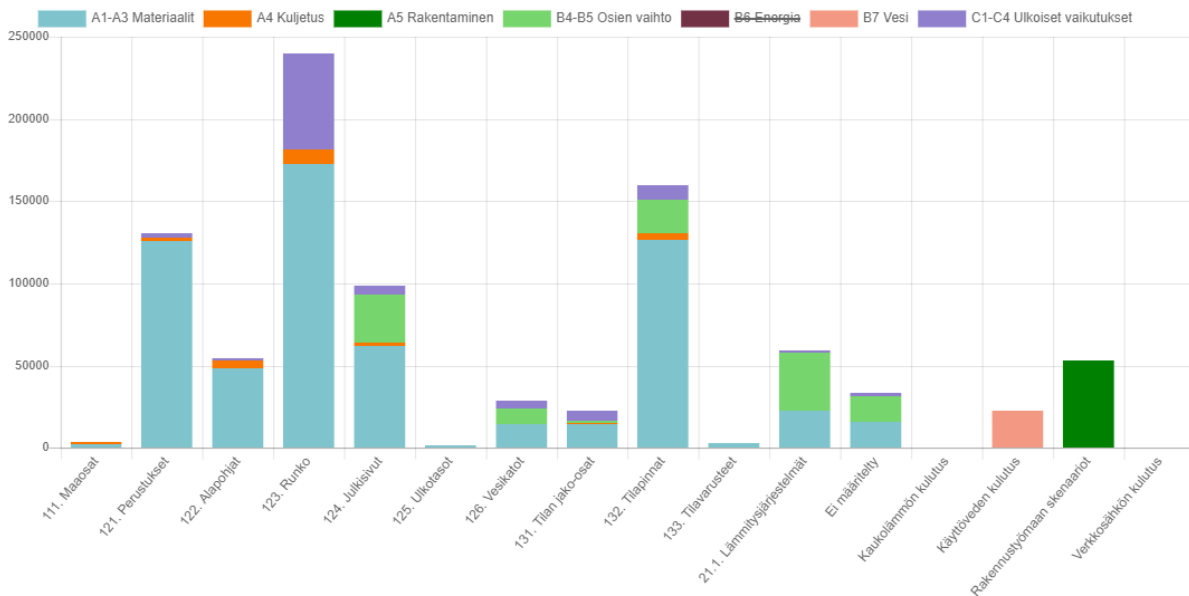
No.	Resurssi	A1-A3 päästöt tCO2e	A1-A3 %-osuus
1.	Betoni C25/30	103	16.9 %
2.	Betonirauditus, yleinen	87	14.3 %
3.	Eriste, kivivilla/mineraalivilla, jäykkä 45..100 kg/m3	66	10.8 %
4.	Massiivipuupaneeli, CLT	53	8.7 %
5.	Glued laminated timber (Glulam) beams	32	5.3 %
6.	Valmisbetoni, normaali lujuus, yleinen	26	4.2 %
7.	Fixed window, triple-glazed, with wood-alu frame, per 1 m2	21	3.4 %
8.	Eriste, kivivilla/mineraalivilla, puhallettava	20	3.3 %
9.	Valmisbetoni, normaali lujuus, yleinen	19	3.2 %
10.	Betoni C30/37	16	2.7 %

Kuva 3. Eniten vaikuttavat materiaalit (GWP)

Lämmöneristeiden osuus rakennuksen päästöistä on yllättävän suuri (14,1 % GWP), joka johtuu osaltaan mm. VP ja YP-rakenteen lämmöneristyksestä. Lämmöneristeillä esim. Paroc kivivilla (pehmeä, tiheys alle 35 kg/m<sup>3</sup>) on GWP 1,22 kg CO<sub>2</sub>e/kg. Tämä johtuu pääosin valmistusprosessista, jonka aikana muodostuu 60 % kyseisen tuotteen kokonaispäästöistä.



Kuva 4 Tulosten jakautumien rakennuksen elinkaaren vaiheissa



Kuva 5 Ilmaston lämpeneminen (GWP), Rakennusosakohtaisesti (energian käyttö poisrajattuna)

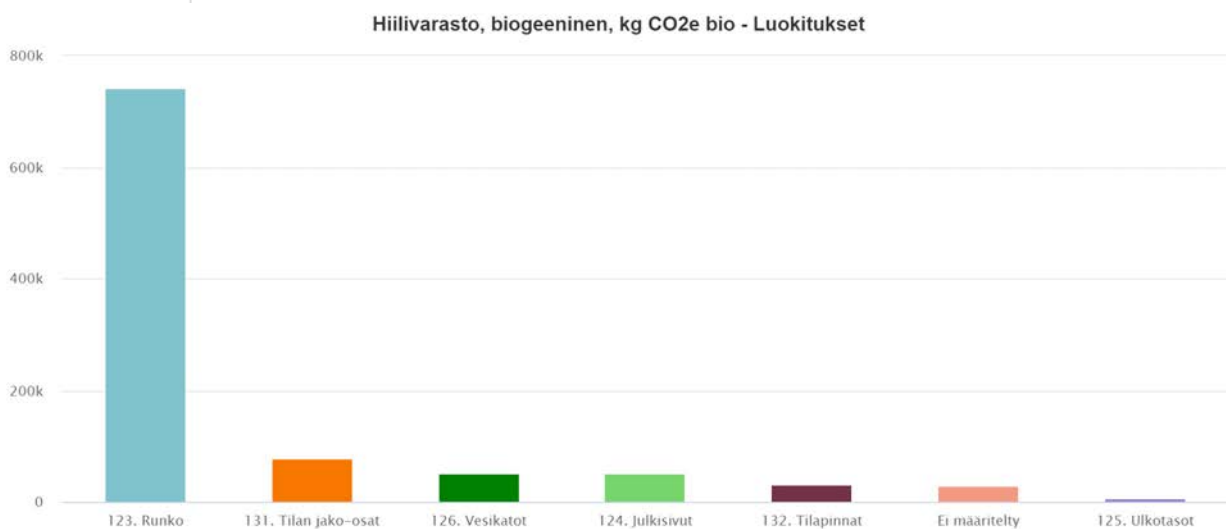
Hankenimikkeistön (TALO-2000) mukaisesti tarkasteltaessa ”123.Runko” muodostaa suurimman osuuden syntyvistä GWP-päästöistä. On kuitenkin huomattava, että One Click LCA ohjelma ei



erittele hankenimikkeistössä rakennusosia alanimikkeistöön vaan tarkastelu sisältää päänimikkeen mukaiset rakennusosat. Rakennusosakohtaisesti osuudeltaan suuresti edustettuina ovat myös 121. Perustukset, 124. Julkisivut sekä 132. Tilapinnat. Nämä rakennusosat koostuvat kantavista sekä ei-kantavista CLT-elementeistä sekä runkoon luettavista liimapuupalkistoista.

Rakennusosien ja materiaalien hiilinieluja/hiilivarastoja ei huomioida GWP:tä alentavina tekijöinä vaan niiden vaikutukset rajataan laskennan ulkopuolelle. Nämä hiilinielut/hiilivarastot voidaan kuitenkin ilmoittaa elinkaarivaiheessa D (Rakennuksen elinkaaren ulkopuolelle jäävät hyödyt tai haitat). Kyseisiä päästökompensointeja onkin useissa EU-jäsenvaltioissa ollut tarkoitus käyttää tulevaisuudessa osana rakentamisen ohjausta haluttaessa lisätä ympäristöystävällisempien materiaalien käyttöä.

CLT- ja liimapuurakenteet (123. Runko) muodostavat Kuhmonkadun koulussa suurimmat hiilivarastot elinkaaren vaiheiden A1-A3 osalta. Vesikattorakenteiden osalta rakenteet reivaukset uupuvat laskennasta. Vesikattorakenteet sekä ei-kantavat väliseinät muodostavatkin yleensä suurimmat hiilivarastot mm. betonirakenteisissa rakennuksissa.



Kuva 6 Biogeeninen hiilivarasto, kg CO<sub>2</sub>e bio rakennusosakohtaisesti tarkasteltuna

## 9 Carbon Heroes vertailuarvot


Vertailuarvot perustuvat elinkaarivaiheiden A1-A4, B4-B5 sekä C1-C4 aiheuttamien GWP-päästöjen (kgCO<sub>2</sub>eq) mukaan. Rakennuksille ei ole tässä vaiheessa olemassa vielä energiatodistuksen tapaista selkeää kansallista tasoa, mutta Bionova on yhdessä useiden toimijoiden kanssa ajanut tason asettamista rakennuksille (<https://www.oneclicklca.com/construction/carbonheroes/>). Carbon Heroes tasot perustuvatkin kohteiden toteutettuihin hiilitaselaskelmiin. Tällöin on kuitenkin vaarana, että vertailutaso vääristyy kun vertailukohteiksi valikoituu rakennuksia joissa on ollut tavoitteena kenties jo suunnitteluvaiheessa GWP-päästöjen osalta alhainen taso. Carbon Heroes taso on ISO ja CEN- standardien yhtenevä ja onkin nähtävissä EU LEVEL(s) hankkeen jatkotoimenpiteenä.

Vertailuarvoina on käytetty ”Carbon Heroes Nordic- primary school (kuva 7)” sekä Carbon Heroes Global-educational (kuva 8)”, joissa vertailuarvona toimivat GWP- raja-arvoja (kgCO<sub>2</sub>eq). On kuitenkin huomattava, että kyseiselle ”benchmerkkaukselle” on oletettava käytetyksi GWP arvona kokonaismäärä/b-rm<sup>2</sup>.

Kehdosta haetaan (A1-A4, B4-B5, C1-C4)	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup>
(< 190) A	
(190-262) B	
(262-334) C	269
(334-406) D	
(406-478) E	
(478-550) F	
(> 550) G	

Kuva 7 Carbon Heroes Nordic Primary School CH Q1 2019

Kehdosta haetaan (A1-A4, B4-B5, C1-C4)	kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup>
( < 290 ) A	269
( 290-380 ) B	
( 380-470 ) C	
( 470-560 ) D	
( 560-650 ) E	
( 650-740 ) F	
( > 740 ) G	



Kuva 8. Carbon Heroes Global-educational CH Q4 2018

**Tarkasteltaessa Nordic (C-luokka) sekä Global (A-luokka) tuloksia tarkasteltaessa on muistettava, että käytettäessä Bionovan One Click LCA ohjelmaa:**

- A1-A3 arvot ovat käyttäjän itsensä syöttämiä, tietojen luotettavuusasteeseen vaikuttaa tällöin mm. lähtötiedot, laskijan kokemus, käytettävissä oleva aika sekä asetettu laskennan tarkkuustaso
- A4 vaihtoehdolle voidaan käyttää ohjelman ehdottamia arvoja tai syöttää käyttäjän asettamat tiedot
- B4-B5 vaiheille voidaan käyttää tuotekohtaisia tietoja tai kansallisia arvoja (Rakennusosien käyttöiät RT 18-10922 “Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitojaksot” mukaan.)
- C1-C4 nämä tiedot ovat ohjelman itsensä syöttämiä ja käyttäjä ei voi itse vaikuttaa näihin. Eli jos tiedetään, että tulevaisuudessa materiaalin hyödynnettävyys on todennäköisesti suurempi kuin nykyhetkellä sitä ei pysty ohjelman nykyversioon syöttämään.

Maakohtaiset rakentamismääräykset sekä rakentamiskulttuuri voivat erota paljonkin. Tällöin tulisi aina vertailla maantieteellisesti lähellä sijaitseviin maihin, joilla on vastaavan tasoiset rakentamismääräykset ei esim. Carbon Heroes Eastern Europe.

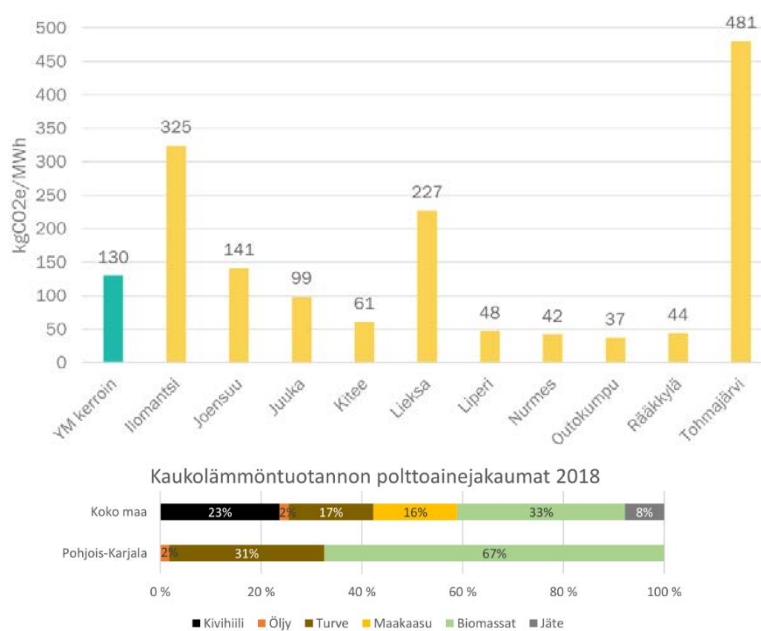
Kunnat ja kaupungit voivat myös itse asettaa raja-arvoja tai tavoitearvoja rakennusten päästöille. Tähän liittyen on myös tehty ”Sustainable Building Alliance”- projekti, jonka tuotoksena on julkaistu opas “Sustainability and performance assessment and benchmarking of buildings.2012: VTT” sekä Ympäristöministeriön julkaisema ”Taloudellisten kannusteiden käyttö vähähiilisen rakentamisen ohjauksessa”. Kyseisissä dokumentissa annetaan keinot ja suuntaviivat, miten raja-arvojen asettaminen olisi toteutettavissa.

## 10 Kuhmonkadun kampus tuloksien vertailu toteutettuihin laskelmiin

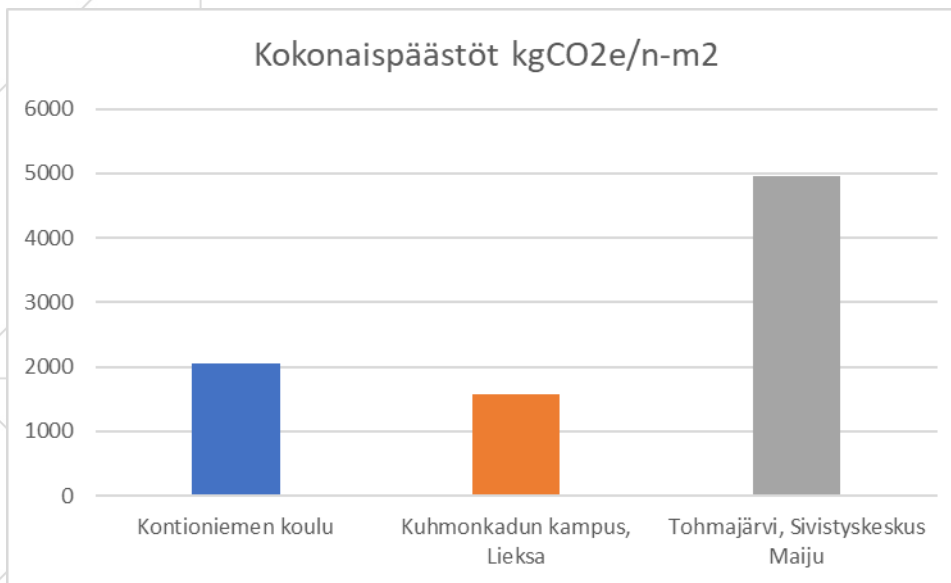
Taulukko 7 Keskimääräisiä GWP-arvoja 60 vuoden tarkastelujaksolla

	Kontioniemen koulu, Kontiolahti	Kuhmonkadun kampus, Lieksa	Sivistyskeskus Maiju, Tohmajärvi
<b>GWP, yhteensä kg CO<sub>2</sub>e</b>	5957514,96	4466201,85	11690361,93
(kg CO <sub>2</sub> e /m <sup>2</sup> ) / a	34,02	26,08	39,31
kg CO <sub>2</sub> e /m <sup>2</sup>	2040,94	1564,89	4956

Verrattaessa Lieksan Kuhmonkadun kampuksia muihin julkisiin koulurakennuksien elinkaariarviointien tuloksiin on muistettava, että vertailukohteet ovat betonirakenteisia ja rakennejärjestelmäratkaisuissa on myös eroja. Käytetyn kaukolämmön paikalliset päästöarvot vaikuttavat myös suuresti saattaviin kokonaistuloksiin, jolloin materiaalien osuus päästöistä on nykyisellään pienemmällä painoarvolla (kts. kuva 8). Jos kaukolämmön päästöjä saadaan sen sijaan pienennettyä tulevat materiaalikoh- taisten päästöjen saamaan suuremman merkityksen päästöjen näkökulmasta. Tämä kehityssuunta on odotettava ja nähtävissä Ympäristöministeriön arviointimenetelmän energiantuotannon tulevaisuuden ennusteille olevina päästöjen vaikutuskertoimien pienentämisenä.

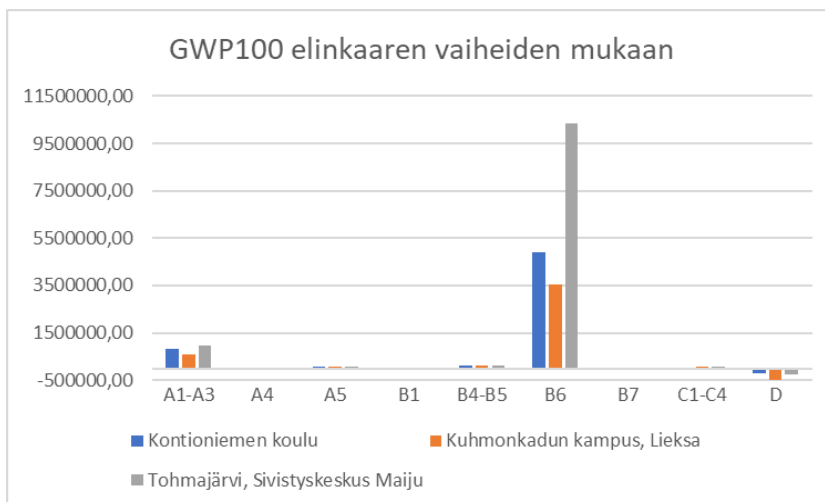


Kuva 9 Energiantuotannosta tulevat päästö ja paikalliset erot kaukolämmössä

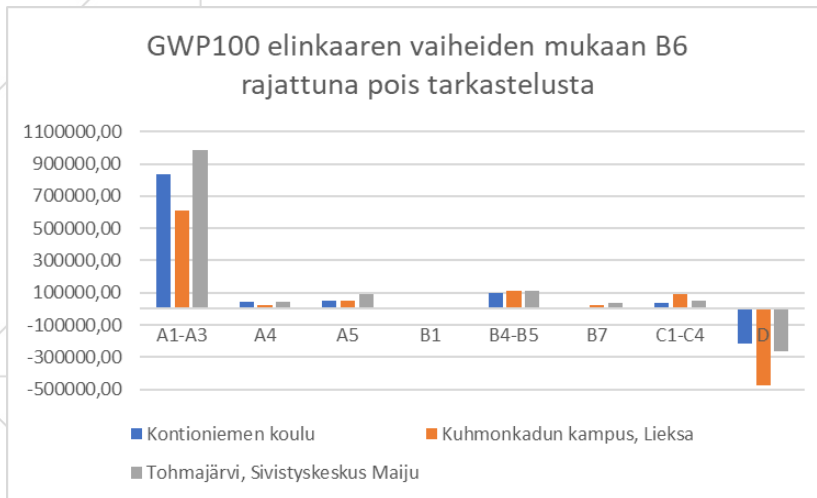


Kuva 10 GWP kokonaispäästöt n-m<sup>2</sup> kohden

Kokonaispäästöjen tarkastelussa neliötä kohden Kuhmonkadun kampuksella on pienimmät päästöarvot johtuen materiaalivalinnoista sekä paikallisen kaukolämpölaitoksen pienemmistä päästöarvoista verrattuna Tohmajärven kohteeseen. Kontiolahden kohteelle ei ollut saatavilla paikallisia kaukolämmön päästöarvoja, jolloin on jouduttu käyttämään keskimääräisiä päästöarvoja, jotka voivat vääristää tuloksia niin hyvässä kuin pahassakin arviointia ajatellen.

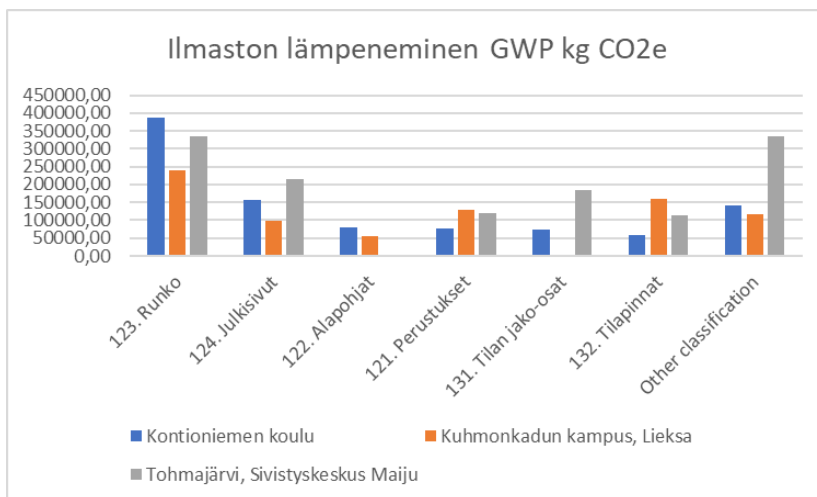


Kuva 11 GWP- vertailu elinkaaren eri vaiheissa rakennusosittain kohteiden välillä



Kuva 12 GWP-vertailu ilman B6-vaihetta

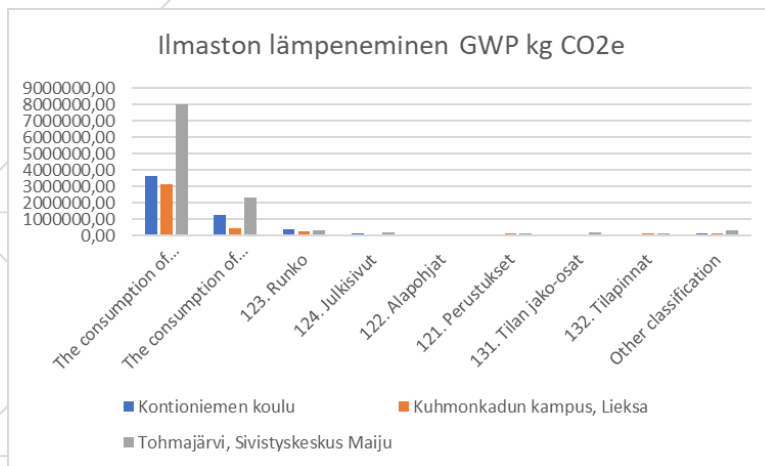
Rakennusosittain tarkasteltaessa suurimmat päästöt muodostuvat rakennuksen elinkaaren aikana kaikissa arvioituissa kohteissa rungon, julkisivujen sekä perustuksien materiaaleista. Kyseisiin arvoihin kuitenkin vaikuttaa vahvasti niin rakennuksen muoto kuin rakennejärjestelmäratkaisut. Tämä on nähtävissä etenkin Kuhmonkadussa, jossa perustuksien osuus on suurempi kuin betonirakenteisilla johtuen osittain jäykistävien seinien suuremmalla määrällä (keskiosassa) kuin betonirakenteisilla pilari-Deltapalkki järjestelmillä muissa tarkastelukohteissa.



Kuva 13 GWP rakennusosittain ilman kaukolämpöä

Rungon osuus on sen sijaan pienempi Lieksan kohteessa johtuen materiaalivalinnoista ja materiaalien pienemmästä hiilijalanjäljestä. Kontiolahden sekä Tohmajärven kohteissa runkoon vaikutti myös merkittäväsi aukotuksen määrä, joka lisäsi elementtien pielien sekä ylityspalkkien lisäraudoitusta. Julkisivut, joissa aukkojen osuus on suuri tulisi harkita tällöin muun kuin suurementtien käyttöä

esim. pilari-palkkijärjestelmä ei-kantavalla julkisivurakenteella. Tarkempia johtopäätöksiä tämän hankkeen puitteissa voidaan tehdä kunhan on suoritettuna myös Nurmeksen koulurakennuksen elinkaariarviointi.



Kuva 14 GWP rakennusosittain kaukolämmön kanssa (Huom! Kaukolämmön paikalliset päästöarvot)

## 11 GWP ehdotetut vähennystoimenpiteet

Jäljempänä mainitut toimenpiteet ovat vain osa monista vähennystoimenpiteistä, joilla voi saada kohteessa vähennettyä rakennuksen GWP (kgCO<sub>2</sub>e) kokonaismäärää suunnittelu- sekä työmaavaiheessa. Tärkeimpänä vähennystoimenpiteenä voidaan kuitenkin pitää vähähiilisen rakentamisen tavoitearvojen asettamista jo tarvesuunnitteluvaiheessa. Tällöin tavoitearvot voidaan ottaa jo osaksi tilaohjelman valmistelua sekä suunnittelutyötä alkuvaiheessa. Alkuvaiheen vähähiilisten arvojen mukaanotolla voidaan myös estää osaltaan lisäkustannuksien syntyminen hankkeelle sekä edistää rakenteiden optimointia sekä kustannustehokasta rakentamista osaltaan.

Vaaimalla elinkaarikustannuksien laskentaa hankkeelle tulee asetettua myös vaatimuksia parantuneelle dokumentoinnille mm. tietomallien käyttö. Tällä voidaan estää työmaa-aikaisten lisätöiden aiheuttamia kustannuksia sekä lyhentää rakentamisaikaa. Tämä vaatii kuitenkin sitä, että tavoitteet mallinnuksen tarkkuustasolle asetetaan riittävän korkeaksi (YTV2012, vähintään tarkkuustaso 2). Jotta laskentamallit olisivat hyödynnettävissä suunnittelun ohjauksessa sekä urakka/päästölaskennassa on noudatettava yhteisiä tietomallivaatimuksia hankkeen kaikkien osapuolten kesken sekä laatia tietomalliohje kohteelle.

### 11.1 ”A1-A3 Tuotteiden valmistus” GWP vähennystoimenpiteet

1. Miettimällä onko rakennukselle tarvetta, onko olemassa olevia rakennuksia mahdollista hyödyntää, onko sijainti viisas myös tulevaisuutta ajatellen, ovatko tilat muunneltavissa myös tulevia käyttötarkoituksia tai oppilasmäärän lisäämistä ajatellen
2. Vähentämällä fossiilipohjaisten eristeiden käyttöä esim. XPS ja SPF. MUTTA huomioitava materiaalien käyttöiät sekä tarkoituksenmukainen käyttö ympäristöolosuhteiden näkökulmasta mm. routaeristeet
3. Muuntojoustavuus sekä rakennuksen muodon optimointi. Tilat voidaan sijoittaa järkevästi eikä muodostu ylimääräisiä käytäviä sekä rakennuksen muoto on ”minimalistinen”.
4. Materiaalitehokkuus ja rakennusosien optimointi: onko rakenteet tehty ”yhdellä” muotilla vai onko rakenteiden paksuuksia sekä materiaalien käyttöä tehostettu vallitsevien kuormien mukaisesti
5. Rakennusosien uudelleenkäyttö mm. purkukohteista. Muistettava kuitenkin, että kierrätettyjen rakennusosien tulee täyttää rakenteelliset sekä visuaaliset vaatimukset.
6. Kierrätysmateriaalien suosiminen esim. raudoitusteräksen käyttö, joka sisältää kierrätettyä materiaalia (ei ole neitseellistä) tai betonin käyttö jossa on käytetty kierrätettyjä sideaineita
7. Piha-alueiden täyttömaina esim. purkukohteen betonimurske, jolla säästetään luonnollisia kivi- ja maa-ainesvaroja. Muistettava kuitenkin, että murskeen käyttö vaatii ympäristöluvan esim. lasten leikkipuistoissa.
8. Vähintään 10 % materiaaleista uusiutuvia tai kierrätettyjä
9. Käytetyt uusiutuvat ja kierrätetyt materiaalit raportoidaan, jolloin voidaan todentaa toimenpiteiden vaikutukset.

### 11.2 ”A4-A5 Rakentaminen” GWP vähennystoimenpiteet

1. Käyttämällä kuljetuksia, joissa täyttöaste rekoilla olisi lähellä 100 % sekä yhdistelemällä kuljetuksia.
2. Työmaan aloituksen ajoittaminen kesäkaudelle mm. lämmityskustannukset
3. Työmaa-aikainen kosteudenhallinta sekä suojaus (Kuivaketju10) mahdollisuus vähentää kuivauksen sekä lämmityksen päästöjä.
4. Rakennusaikaisen hukan vähentäminen tilaamalla mm. kipsilevyt oikean mittaisena



5. Työmaan energiankulutus mitataan sekä arvioidaan mahdolliset parannustoimenpiteet jo työmaavaiheen aikana.
6. Työntekijöille energiakoulutus. Vaikutus rakennustyön laatuun mm. tiiveys.
7. Seuraamalla syntyvää työmaajätteen määrää sekä lajittelemalla se asiaankuuluvasti. Mahdollisuus arvioida hukan vähentämisen vaikutuksia tulevissa kohteissa.

### **11.3 ”B1-B5 Käyttövaihe” GWP vähennystoimenpiteet**

1. Valitsemalla materiaaleja ja tuotteita, joilla on hyvä kulutuksenkestävyys sekä tekninen käyttöikä. Suositetaan pitkiä takuuajkoja
2. Ajoittamalla huollot oikea-aikaisesti (ajatuksella tehty huoltokirja). Toteuttamalla suunnitellut huolto- ja kunnossapitotoimenpiteet oikeassa laajuudessa ja oikeaan aikaan.

### **11.4 ”B6 Energian kulutus” GWP vähennystoimenpiteet**

**Voisivat toimia mm. energiatehokkuuden lisääminen sekä ympäristöystävällisemmän energian käyttö, joka voidaan tehdä useammalla tavalla:**

1. Lämmöneristyksen lisääminen ja rakenteiden U-arvon parannukset nykyiseen RAKMK-vaatimustasoon verrattuna. 10-20 % määräyksiä parempi energiatehokkuus MUTTA tämä lisää toisaalta elinkaarivaiheiden A1 ja A3 päästöjä, joten vaikutukset tulee arvioida kokonaisuutena.
2. Tiiveyden parantaminen rakenteissa ja kylmäsiltojen välttäminen (esim. kaikki ikkunat eivät ole lattiatasoon asti auki).
3. Ikkunoiden ja ovien valinta painottamalla U-arvoa. Varustelun miettiminen mm. sälekaihtimet, jotka olisi viisainta olla seisokkiaikoina kesäkausina kiinni.
4. Valitsemalla ikkunoiden ja suurien lasijulkisivujen sijainnit sekä koot ilmansuuntien mukaan. Fiksut aukotukset vaipparakenteessa.
5. Valitaan energiatoimittajia, jotka käyttävät energiantuotannossa uusiutuvia energialähteitä tai tehokkaita sähköntuotantoprosesseja
6. Parantamalla LTO:n suhdetta pääilmanvaihtokoneissa. Muistettava tietenkin koneen kustannukset vs. takaisinmaksuaika energiansäästön näkökulmasta.

7. Tila-kohtainen ilmanvaihto sekä valaistus. Huomioiden tiloissa järjestettävän opetuksen sekä hetket jolloin tyhjillään (esim. ilmanvaihdon pienennys ja valaistus kytketty pois automaattisesti)
8. Suosimalla pitkiä takuuajkoja
9. Varmistamalla, että huoltoa vaativille koneille ja laitteille on vapaa pääsy sekä laitteet on merkattu selkeästi. Vaikutusta mm. ilmanvaihtokoneiden suodatinten vaihtoon.

### **11.5 ”C1-C4 Elinkaaren loppu” GWP vähennystoimenpiteet ja kustannukset**

1. Suunnittelemalla rakenteet helposti purettavaksi, uudelleenkäytettäväksi ja kierrätettäväksi
2. Rakenneosat ovat selkeästi eroteltavissa purkuvaiheessa.
3. Rakennusaikaiset dokumentit ovat myös taltioituna mm. asennusjärjestys sekä asennussuunnitelmat, jotka ovat hyödynnettävissä rakennuksen elinkaaren loppuvaiheessa.

## **12 One Click LCA laskentatyökalun kuvaus**

Laskenta suoritettiin käyttämällä One Click LCA laskentatyökalua. Työkalu on täysin yhteensopiva EN 15978 standardin kanssa. One Click LCA on kolmannen osapuolen varmistama ITB:n toimesta seuraaville LCA-standardeille: EN 15978, ISO 21931-1 ja ISO 21929 ja data vaatimuksille ISO 14040 ja EN15804. Viralliset dokumentit ovat löydettävissä tästä linkistä:

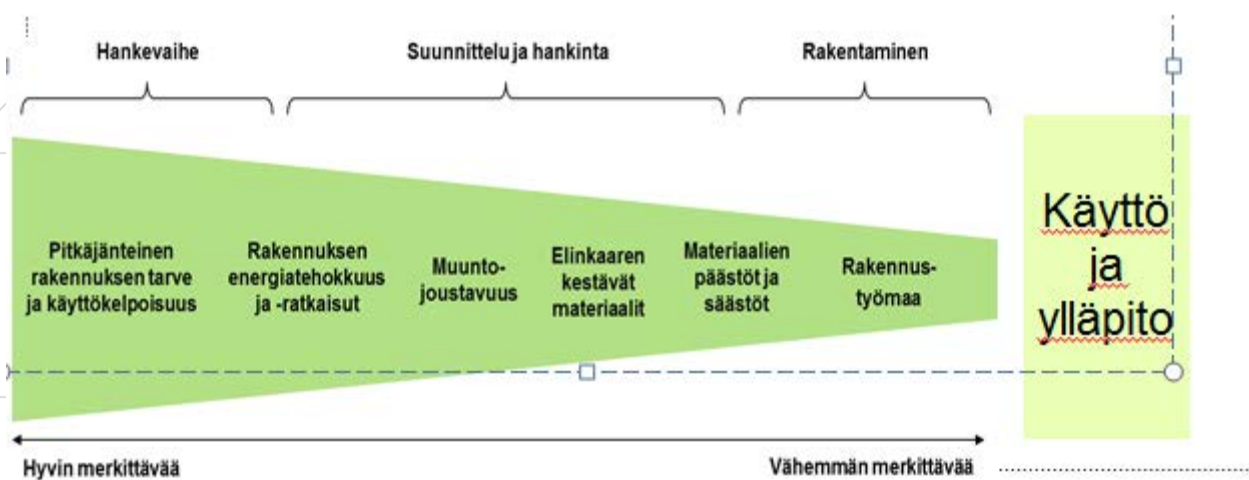
<https://www.oneclicklca.com/wp-content/uploads/2016/11/360optimi-verification-ITB-Certificate-scanned-1.pdf>.

### **ITB-organisaatiokuvaus**

“ITB is a certification organization and a Notified Body (EC registration nr. 1488) to the European Commission designated for construction product certification. Polish Accreditation Board assures the independence and impartiality of ITB services (Accreditation Certificates are: AB 023, AC 020, AC 072, AP 113). ITB activities are conducted in accordance to the requirements of the following assurance standards: ISO 9001, ISO/IEC 27001, ISO/IEC 17025, EN 45011, and ISO/IEC 17021.”

### 13 Pohdinta kohteen LCA-laskennasta

Nykyisellään toteutettaessa LCA-laskennasta tulee muodostumaan yksi kuluerä lisää rakentamiseen, ellei sitä integroida jo alkuvaiheessa osaksi hankkeen suunnittelua. Tällöin vaikuttamismahdollisuudet hiilijalanjäljen pienentämiseksi ovat laajemmat ja kustannukset näiden toteuttamiselle ovat myös alhaisemmat (kuva 9.) Tämä vaatii tilaajalta kuitenkin enemmän toimenpiteitä sekä halua vaatia hiilijalanjäljen huomiointia rakennushankkeen koko prosessin aikana.



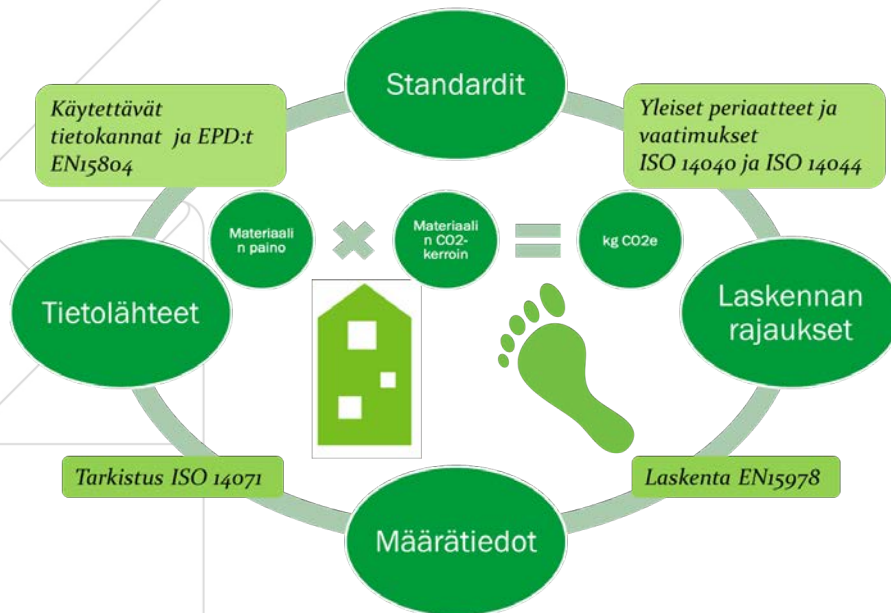
Kuva 15 Lähde: <https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Ilmasto-ymparisto-ja-energia/Kestava-rakentaminen/Rakennuksen-elinkaari/>

Vaativalla suunnittelulta BIM-tietomallien hyödyntämistä sekä käyttöä voidaan edistää paitsi hiilijalanjäljenlaskennan kustannuksia (lyhyempi laskenta-aika verrattuna 2D-dokumenttien pohjalta tehtyyn laskentaan) myös vähentää suunnittelu-aikaa sekä työmaavaiheen kestoa. Tämä saadaan aikaan edistämällä dokumentoinnin laatua sekä tehostamalla suunnitelmien keskinäistä tarkastelua. Uuden toimintavan käyttöönotto vaatii kuitenkin laajempaa yhteistyötä ja avoimuutta tietojen jakamiselle hankkeen osapuolten kesken: vältetään kahteen kertaan tekeminen.

Hiilijalanjäljen laskenta on tällä hetkellä eri konsulttien sekä asiantuntijoiden suorittamaa erillistä työtä, joka ei ole suoraan sidottu suunnittelun toteutukseen. Kyseinen tapa ei ole kuitenkaan oikea pitkällä aikavälillä. Tavoitteena tulisi olla tilanne, jossa jokainen suunnittelija pystyy jo alkuvaiheessa itsenäisesti arvioimaan eri vaihtoehtojen hiilijalanjälkeä sekä vaikutusta kokonaisuutena rakennuksen hiilijalanjälkeen. Tähän tavoitteeseen päästäänkin lisäämällä suunnittelijoiden, viranomaisten sekä

rakennushankkeeseen osallistuvien osapuolien koulutusta sekä tarjoamalla yksinkertaisia toimintatapoja hiilijalanjäljen huomioimiseen.

11



Kuva 16 Laskennan periaatekaavio

Tarkasteltavassa kohteessa laskentaa helpottavana tekijänä voidaan mainita tietomallien hyvä taso etenkin raudoituksien sekä materiaalien määrien osalta. Ainoa huomautettavana tekijänä materiaalien osalta voidaan todeta, että materiaaliluokituksena tai rakennusosaluokituksena ei ollut käytetty TALO2000- mukaista nimikkeistöä. Tämä johtaa LCA- arvioinnin suorittajalle osaltaan lisätyötä, kun materiaalit eivät ole suoraan luokitettavissa niille kuuluville rakennusosille vaan tiedot joudutaan rajaamaan esim. Solibrin tiedonkeruuraussaantöjen kautta tunnisteiden ym. kautta.

## Lähdeluettelo

Trine D.Pettersen, Construction Products Norway.2016. Nordic guide to sustainable materials.

[http://ngbc.no/wp-content/uploads/2016/05/Nordic-Guide-to-Sustainable-Materials\\_report\\_WP3\\_final.pdf](http://ngbc.no/wp-content/uploads/2016/05/Nordic-Guide-to-Sustainable-Materials_report_WP3_final.pdf)

Karin Flury, Rolf Frischknecht.2012. Life Cycle Assessment of Rock Wool Insulation : Flumroc AG (tilaaja).

EeBGuide: Operational guidance for Life Cycle Assessment studies of the Energy Efficient Buildings Initiative: <https://www.eebguide.eu/>

Sustainability and performance assessment and benchmarking of buildings.2012:VTT.

[https://www.oegut.at/downloads/pdf/bi\\_superbuildings-final-report.pdf](https://www.oegut.at/downloads/pdf/bi_superbuildings-final-report.pdf)

ILCD Handbook. Institute for Environment and Sustainability in the European Commission Joint-Research Centre (JRC). <http://eplca.jrc.ec.europa.eu/ilcdHandbook.html>

Jouni Punkki.Rakentamisen ekologisuus. <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK030305.pdf>

Rakennusteollisuus.Kestävä rakentaminen. <https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Ilmasto-ymparisto-ja-energia/Kestava-rakentaminen/>

Ympäristöministeriö Matti Kuittinen, Simon Le Roux. 2017. Vähähiilisen rakentamisen hankintakriteerit.

Ympäristöministeriö Matti Kuittinen, Simon Le Roux. 2017. Vihreä julkinen rakentaminen.

Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:22. Rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmä. 2019.

Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:32. Taloudellisten kannusteiden käyttö vähähiilisen rakentamisen ohjauksessa. 2019

**Liitteet**

Liite 1, Bill of Materials (materiaaliluettelo) kattava

Liite 2, Bill of Materials (materiaaliluettelo) selko

Liite 3, LCA-tulokset kattava

Liite 4, LCA-tulokset selko

Liite 5. LCC- tulokset kattava

Liite 6, LCC-tulokset selko