

Elinkaaren  
hiilijalanjälki &  
hiilikädenjälki



## Vaisaaren koulu, Juhaninkuja 4, Raisio

# Uuden koulurakennuksen hiilijalanjäljen laskentaraportti

Elinkaaren  
hiilijalanjälki &  
hiilikädenjälki



## Tehtävä

Työssä arvioitiin Vaisaaren uuden koulurakennuksen hiilijalanjälkeä eri runkomateriaaleilla toteutettuna.

## Sisältö

1. Taustaa
2. Rakennuksen perustiedot
3. Selvityksen lähtökohdat
4. Tulokset
5. Yhteenveto

Laskelman ovat laatineet Eetu Laitila, Pirita Meskanen ja Johanna Tschokkinen.

*Elinkaaren hiilijalanjälkiraportti 11.5.2021*

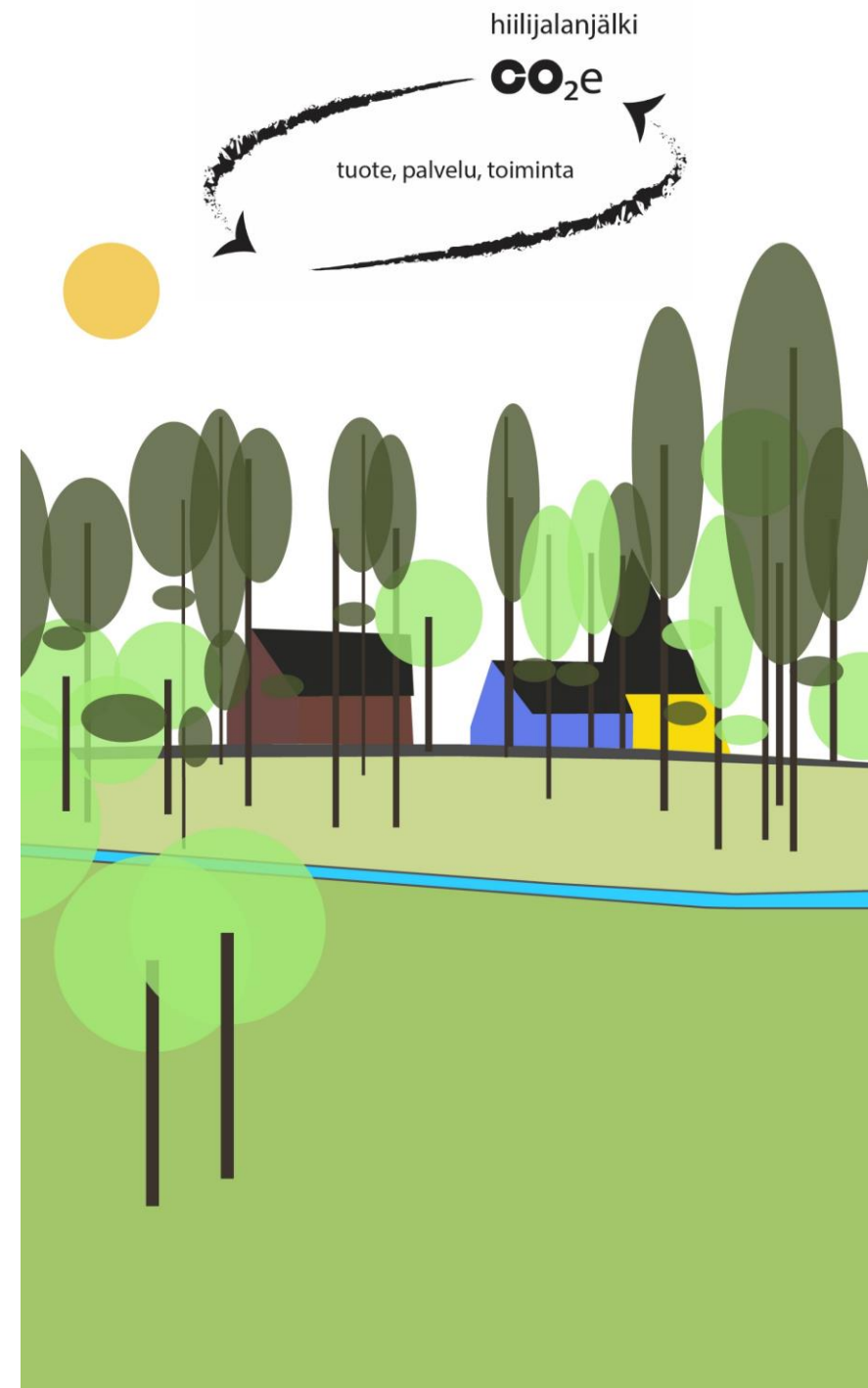
# 1. Taustaa Hiilijalanjälki

**Hiilijalanjälki** tarkoittaa ilmastokuormaa, joka syntyy tuotteen, toiminnan tai palvelun takia.

**CO<sub>2</sub>e eli hiilidioksidiekvivalentti** on mitta, jolla vertaillaan useiden kasvihuonekaasujen päästöjä ja niiden vaikutusta maapallon lämpenemiseen.

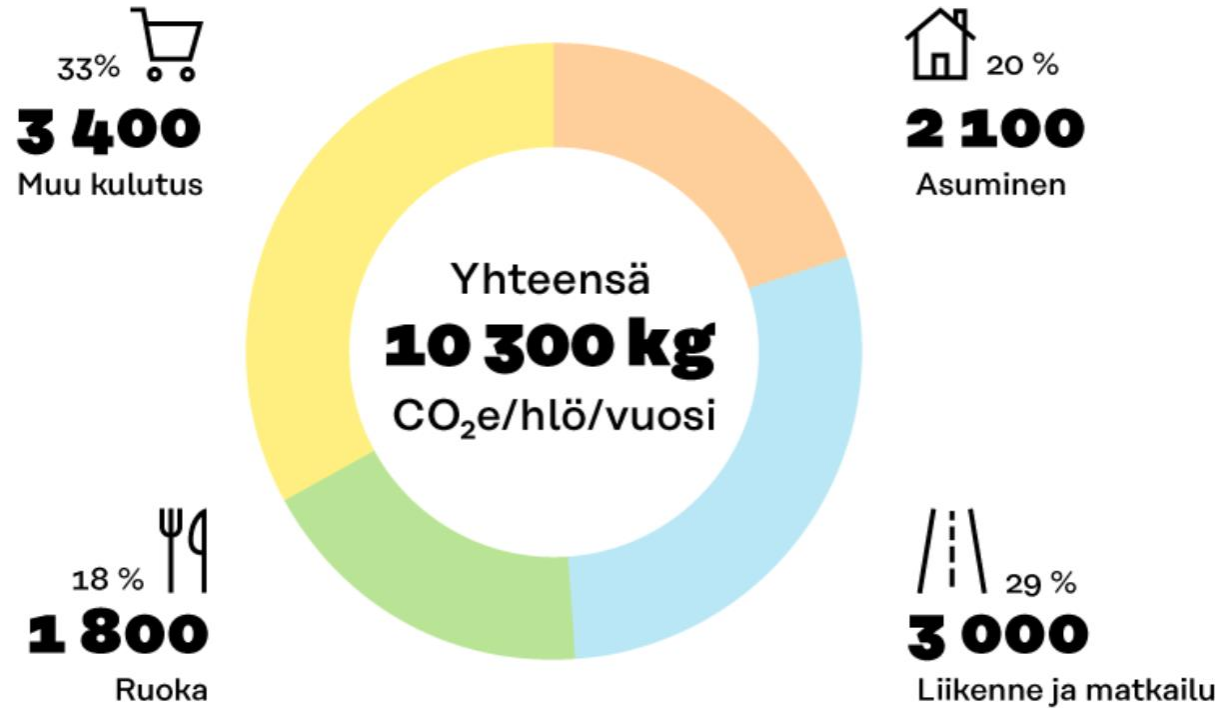
Siinä muutetaan kasvihuonekaasut ekvivalentiksi määräksi, joka vastaa hiilidioksidipäästön maapalloa lämmittävää vaikutusta.

Hiilidioksidille on annettu **GWP (Global warming potential, maapalloa lämmittävä potentiaali)** referenssiarvoksi 1 (sataa vuotta kohden).



# 1. Taustaa

## Keskivertosuomalaisen hiilijalanjälki

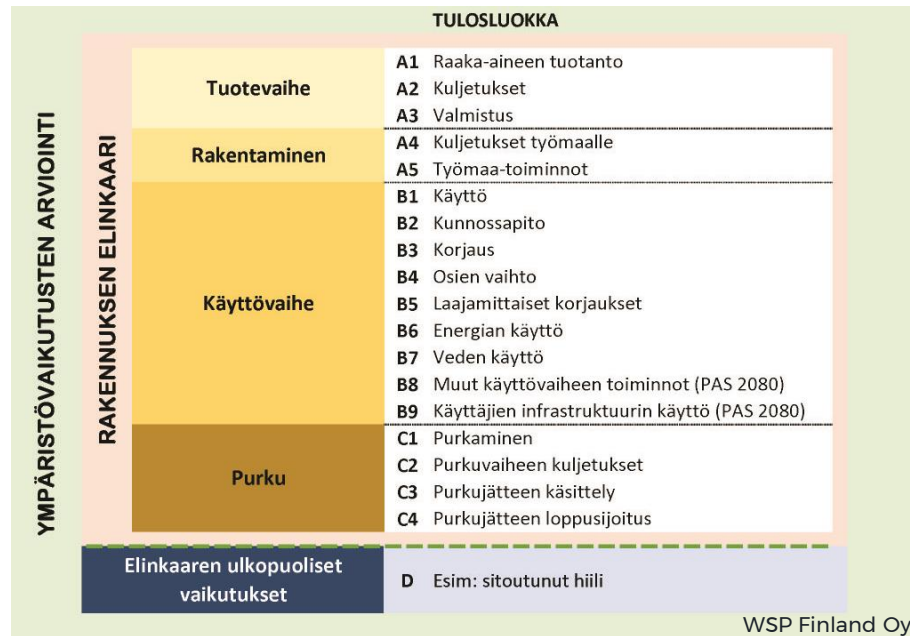


## 2. Rakennuksen perustiedot

Kohdetiedot	
Osoite	Juhaninkuja 4, Raisio
Rakennustyyppi	Koulu
Rakennuksen valmistumisvuosi ja suunnittelija (peruskorjaus- ja laajennuskohteilla alkuperäisen rakennuksen valmistumisvuosi)	2025, arkkitehti ARK Takala Oy
Pinta-ala	11 317 br m <sup>2</sup>
Kerrosten lukumäärä	3
Pääasiallinen runkomateriaali	Puu tai betoni

# 3. Lähtökohdat

## Rakennuksen elinkaaren vaiheet



- Ympäristöministeriön Rakennuksen vähähiilisyden arviointimenetelmän (2019) mukaiset rakennuksen elinkaaren vaiheet
- Hiilijalanjäljessä huomioidaan rakennuksen elinkaaren vaiheet ja hiilikädenjäljessä elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset

YM:n julkaisu:

[http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161761/YM\\_2019\\_22\\_Rakennuksen\\_vahahiilisyden\\_arviointimenetelma.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161761/YM_2019_22_Rakennuksen_vahahiilisyden_arviointimenetelma.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

# 3. Lähtökohdat

## Laskentamenetelmä

- Laskelmat on laadittu eri runkotyypeille rakennuksen kokoon ja pinta-aloihin perustuvilla arvioilla hyödyntäen laskentahetkellä saatavilla ollutta tietoa.
- Tulos on rakennuksen hiilijalanjälki hiilidioksidiekvivalenteina (CO<sub>2</sub>e). Tulos ilmoitetaan kokonaiskilotonneina (t kg CO<sub>2</sub>e) ja kiloina neliometriä kohden vuodessa (kg CO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>/a)
- OneClick LCA -ohjelmistolla toteutetut laskelmat ovat arvioita perustuen
  - *valittuihin runkomateriaaleihin*
  - *niiden elinkaareen ja kuljetusmatkoihin.*
- Laskelmissa noudatettiin Ympäristöministeriön vähähiilisyyden laskentaperiaatteita siinä määrin, miten se tässä suunnitteluvaiheessa oli mahdollista (YM 30.8.2019)
  - *Asetusten mukaista energiaselvitystä ei ollut saatavilla, joten energiankulutus on arvioitu vastaavan käyttötarkoituksen ja kokoluokan rakennusten energiatodistusten avulla*
- Laskennassa käytetty arviointijakson pituus hiilijalanjäljen laskentaohjeen mukaisesti on 50 vuotta tai tavoitekäyttöikä. Tässä laskennassa käytettiin 50 vuoden arviointijaksoa.

# 3. Lähtökohdat

## Laskentamenetelmä

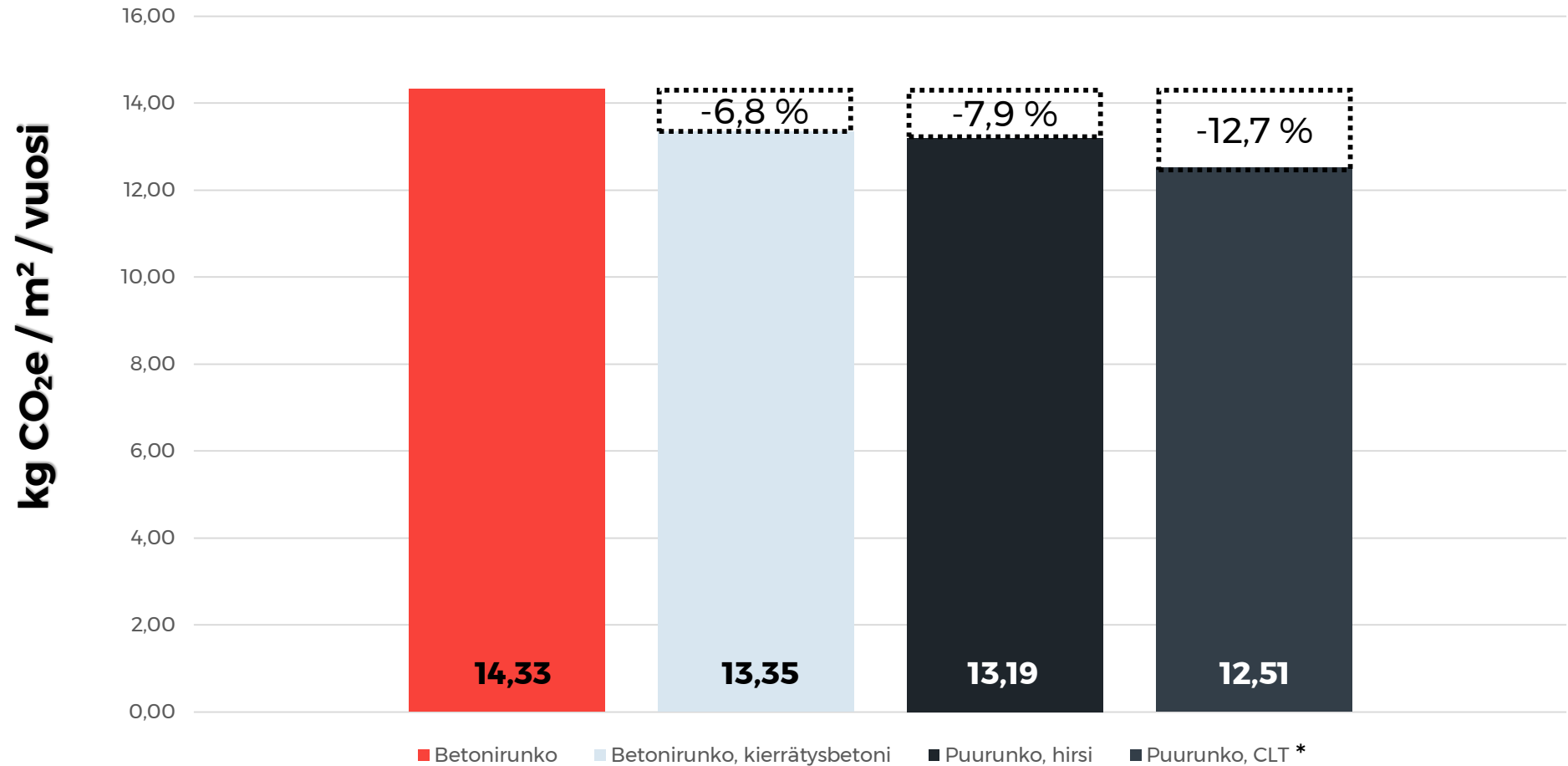
- Hiilijalanjälkilaskennassa on huomioitu Ympäristöministeriön vähähiilisuuden arviointimenetelmän mukaisesti elinkaaren vaiheet
  - *Tuotevaiheen hiilijalanjälki (materiaalit, kuljetukset)*
  - *Rakentamisen aikainen hiilijalanjälki*
  - *Ylläpidon aikainen hiilijalanjälki (energia, käyttö ja huolto)*
  - *Elinkaaren loppuvaiheen hiilijalanjälki (purku ja kierrätys)*
- Laskelmissa ei oteta huomioon:
  - *Rakennuksessa tapahtuvan toiminnan aiheuttamaa hiilijalanjälkeä*
  - *Liikkumisen aiheuttamaa hiilijalanjälkeä*
- Sähköprofiili on Suomi, 2019, (2020-2070)
- Kaukolämpöprofiili on Suomi, 2019 (2020-2070)
- Elinkaaren loppuvaiheet on määritelty materiaaliakohtaisesti



# Tulokset

# Tulokset

## Hiilijalanjälki

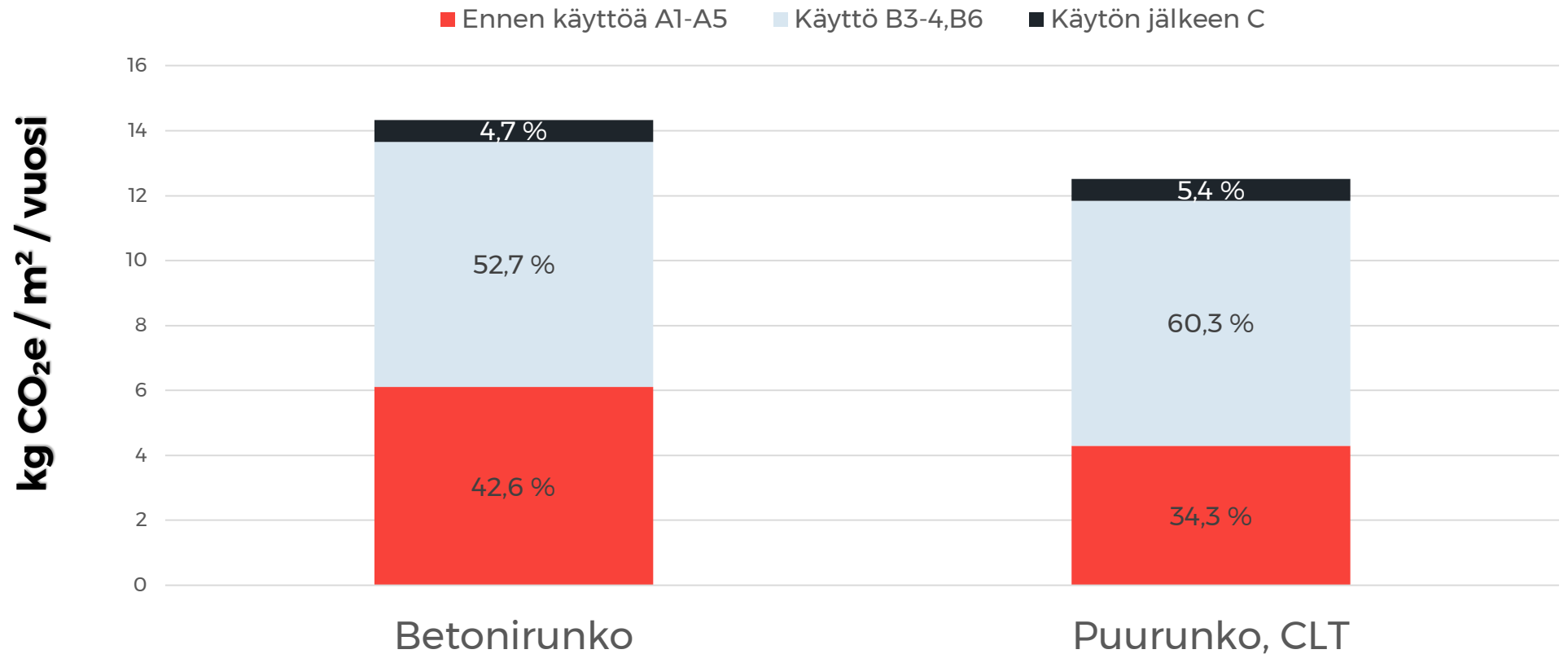


10

# Vaisaaren koulun hiilijalanjälki eri runkomateriaaleilla (t CO<sub>2</sub>e)

- **Betoni:** 14,33 kg CO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>/vuosi  
→ **Kokonaispäästö: 7 733 t CO<sub>2</sub>e**
  - Asetukset: Betonissa 0 % kierrätettyjä sidosaineita
- **Kierrätetty betoni:** 13,35 kg CO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>/vuosi  
→ **Kokonaispäästö: 7 206 t CO<sub>2</sub>e**
  - Asetukset: Betonissa 55 % kierrätettyjä sidosaineita
- **Puurunko, hirsi:** 13,19 kg CO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>/vuosi  
→ **Kokonaispäästö: 7 120 t CO<sub>2</sub>e**
  - Asetukset: Betonissa 0 % kierrätettyjä sidosaineita
- **Puurunko, CLT:** 12,51 kg CO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>/vuosi  
→ **Kokonaispäästö: 6 755 t CO<sub>2</sub>e**
  - Asetukset: Betonissa 0 % kierrätettyjä sidosaineita

# Elinkaaren vaiheet



**14,33 kg CO<sub>2</sub>e / m<sup>2</sup> / vuosi,  
kokonaispäästöt 7 733 t CO<sub>2</sub>e**



**12,51 kg CO<sub>2</sub>e / m<sup>2</sup> / vuosi,  
kokonaispäästöt 6 755 t CO<sub>2</sub>e**

# Uudisrakennus: Elinkaaren vaiheet



Moduulit			Betonirunko kg CO2e/m2/vuosi	Puurunko, CLT kg CO2e/m2/vuosi
A1-5 Päästövaikutukset ennen käyttöä				
	A1-3	Valmistus	5,16	3,34
	A4	Kuljetus työmaalle	0,2	0,2
	A5	Rakennustuotteiden työmaahävikki	0,19	0,2
	A5	Työmaan toiminnot (taulukkoarvo)	0,55	0,55
		<b>Yht.</b>	<b>6,11</b>	<b>4,3</b>
B3-4, B6 Päästövaikutukset käytön aikana				
	B3-4	Korjausten energiankulutus (taulukkoarvo)	0,04	0,04
	B4	Rakennusosien vaihto	0,72	0,72
	B6	Energiankäyttö	6,78	6,78
		<b>Yht.</b>	<b>7,55</b>	<b>7,54</b>
C Päästövaikutukset käytön jälkeen				
	C1	Purkutyömaan toiminnot (taulukkoarvo)	0,16	0,16
	C2	Kuljetus jatkokäsittelyyn (taulukkoarvo)	0,2	0,2
	C3-4	Jätteenkäsittely ja loppusijoitus (taulukkoarvo)	0,31	0,31
		<b>Yht.</b>	<b>0,67</b>	<b>0,67</b>
<b>A-C</b>	<b>Hiilijalanjälki</b>		<b>14,33</b>	<b>12,51</b>

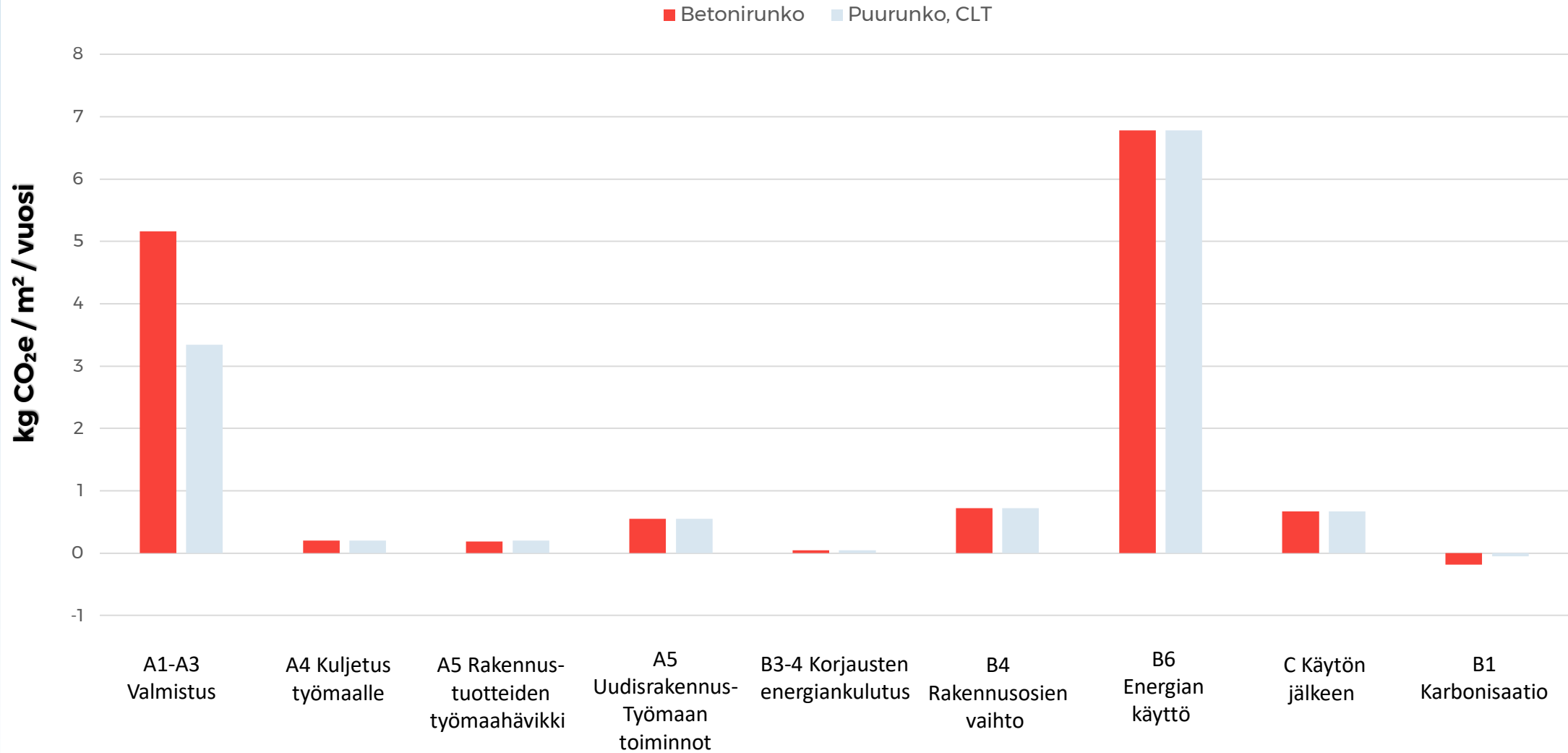
# Uudisrakennus: Elinkaaren vaiheet



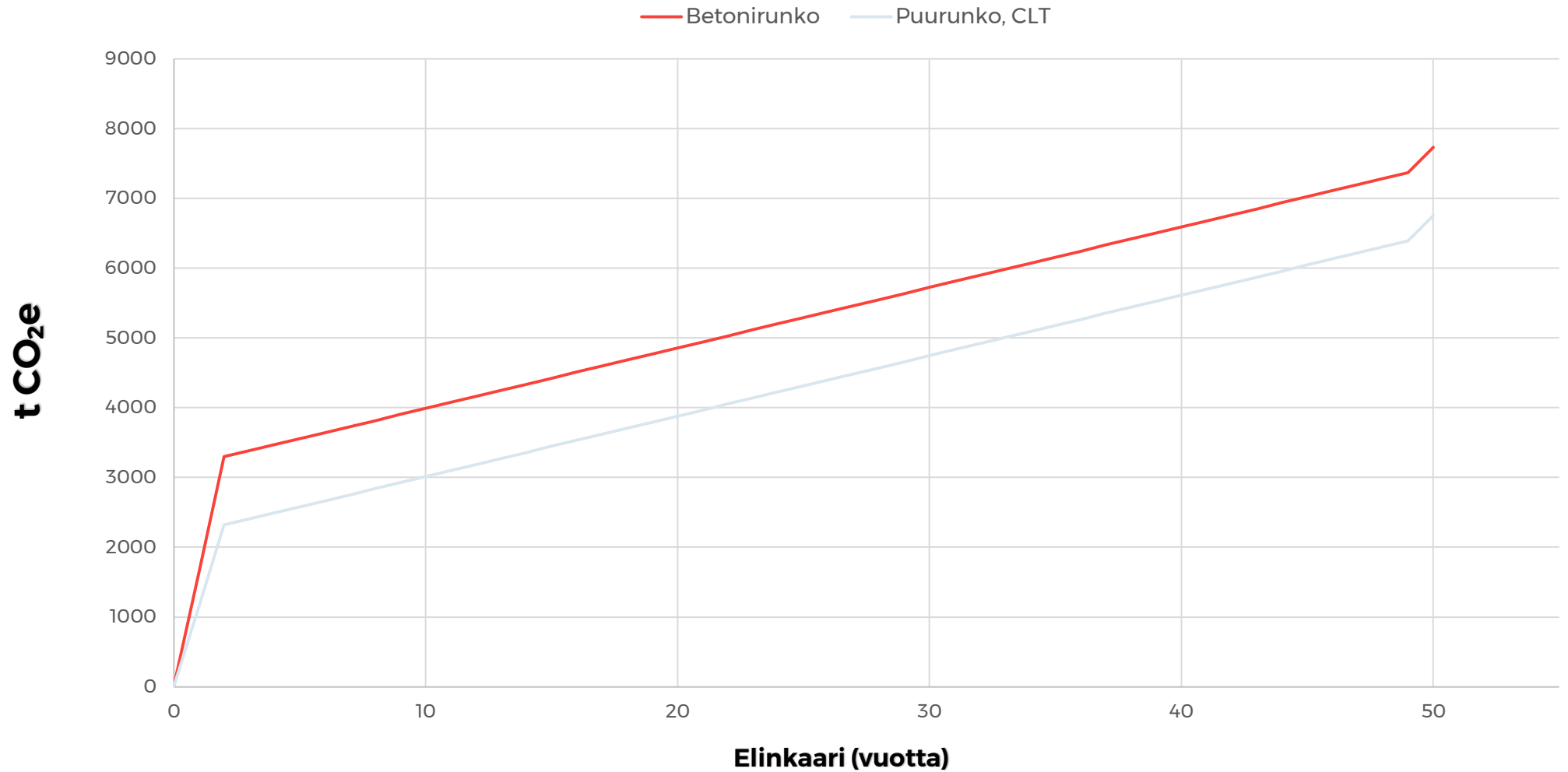
Hiilikädenjälki		
Tulosluokka	Betonirunko kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> /a	Puurunko CLT kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> /a
Biohiili, biogeeninen hiilivarasto	-0,29	-3,82
B1 Karbonisaatio	-0,18	-0,05
D Uudelleenkäytöstä ja kierrätyksestä saatavat hyödyt	-2,79	-4,2
<b>A-C Hiilikädenjälki</b>	<b>-3,27</b>	<b>-8,07</b>

- Tulokset on jaettu lämmitetyllä nettoalalla sekä laskentajakson pituudella (50 vuotta) Ympäristöministeriön hiilijalanjäljen laskentaohjeen mukaan.
- Hiilikädenjälki kuvaa ilmastohyötyjä, joita ei syntyisi ilman rakennushanketta. Sitä ei kuitenkaan tule vähentää hiilijalanjäljestä, vaan se on erillinen hankkeen ulkoisia vaikutuksia kuvaava arvo.

# Uudisrakennus: Elinkaaren vaiheet



# Uudisrakennus: Elinkaaren vaiheet





# Uudisrakennus: Materiaalien hiilijalanjälki

## Materiaalien elinkaaripäästöjen vertailuasteikko

(OneClick LCA, Carbon Heroes Benchmark)  
CH Q1 2020 Suomi

### Betonirunko

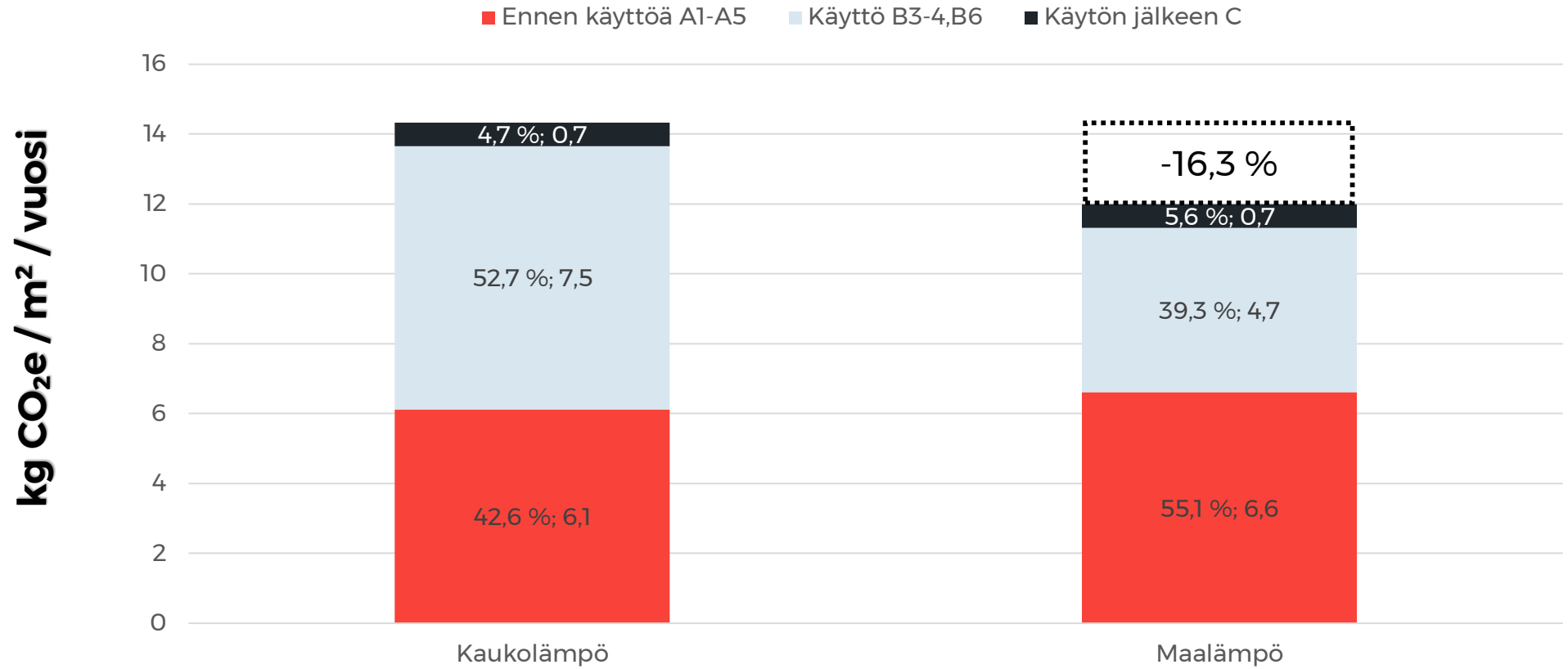
Kehdosta hautaan (A1-A4, B4-B5, C1-C4)	kg CO <sub>2e</sub> /m <sup>2</sup>
< 200 A	
(200-250) B	
(250-300) C	
(300-350) D	335
(350-400) E	
(400-450) F	
> 450 G	

### Puurunko, CLT

Kehdosta hautaan (A1-A4, B4-B5, C1-C4)	kg CO <sub>2e</sub> /m <sup>2</sup>
< 200 A	
(200-250) B	246
(250-300) C	
(300-350) D	
(350-400) E	
(400-450) F	
> 450 G	

- Materiaalit aiheuttavat suuren osan elinkaaren päästöistä
- Betoni aiheuttaa paljon päästöjä, koska sen valmistuksessa käytetään runsaasti neitseellisiä luonnonmateriaaleja ja vettä
- Materiaalien elinkaaripäästöjen benchmark on laskettu kiinteälle 60 vuoden elinkaaren pituudelle (OneClick LCA) ja niissä otetaan huomioon
  - Rakennusmateriaalien päästöt,
  - Kuljetukset
  - Materiaalien vaihdot elinkaaren aikana sekä
  - Elinkaaren loppu
- Päästöt eivät sisällä elinkaaren ulkopuolisia kierrätysvaikutuksia (OneClick LCA)

# Kaukolämmön ja maalämmön vertailu



**14,33 kg CO<sub>2</sub>e / m<sup>2</sup> / vuosi,**  
kokonaispäästöt 7 733 t CO<sub>2</sub>e



**11,99 kg CO<sub>2</sub>e / m<sup>2</sup> / vuosi,**  
kokonaispäästöt 6 472 t CO<sub>2</sub>e

# Yhteenveto

## 5. Yhteenveto

Tulokset ovat arvioita perustuen valittuun runkomateriaaliin sekä rakennuksen kokoon. Ne soveltuvat eri runkotyyppien vertailuun, mutta niitä ei voida pitää lopullisen rakennuksen hiilijalanjälkenä. Tarkempien tulosten laskeminen vaatisi tietoa käytettävien rakennusmateriaalien määrästä sekä rakennuksen energiankulutuksesta. Nyt energiankulutus on laskettu keskiarvona vastaavien rakennusten energiatodistusten perusteella ja energiatehokkuusluokka olisi A.

Tulosten perusteella puurunkoisella rakennuksella on noin 12,7 % pienempi hiilijalanjälki ja ja yli kaksi kertaa suurempi hiilikädenjälki kuin betonirunkoisella rakennuksella. Massiivipuorakennus voi kuitenkin energiatehokkuusasetusten mukaan käyttää 10 % enemmän energiaa, jolloin puurunkoisen rakennuksen hiilijalanjälki olisi vain 7,9 % pienempi. Lisäksi betonirunkoisen rakennuksen hiilijalanjälkeä on mahdollista pienentää myös esimerkiksi käyttämällä kierrätettyjä sidosaineita sisältävää betonia tai maalämpöä kaukolämmön sijaan.

Uudisrakennuksen hiilijalanjäljet ovat 14,33 kg CO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>/vuosi ja 12,51 kg CO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>/vuosi betoni- ja puurunkoisille rakennuksille vastaavasti. Materiaalien osalta elinkaaripäästöt ovat keskimuotoiset (betonirunko 335/luokka D ja puurunko 246/luokka B) verrattuna suomalaiseseen keskivertorakennukseen (CH Q1 2020 Suomi).

Ympäristöministeriön (Kangas et al. 2019\*) arvioinnin mukaan betonirakenteisen asuinkerrostalon hiilijalanjälki on keskimäärin 17,59 kg CO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>/vuosi, kun tarkastelujakso on 50 vuotta. Vastaavan puurakenteisen asuinkerrostalon hiilijalanjälki on 14,30 kg CO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>/vuosi. Vertailun vuoksi erittäin vähähiilisen uuden asuinkerrostalon hiilijalanjäljen raja-arvona on 10 kg CO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>/vuosi.

Hiilijalanjäljet on keskivertorakennusta pienempiä, mutta laskelmien tarkkuus ei mahdollista luotettavaa vertailua keskivertorakennukseen. Myös rakennuksen käyttötarkoituksen takia rakennuksen materiaalien hiilijalanjälki vertautuu huonosti käytössä olevaan vertailuarvoon.

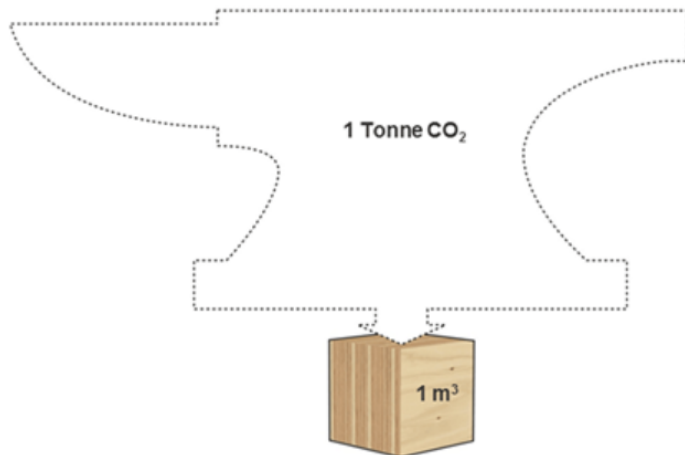
\*Kangas, H. L., Sankelo, P., Kautto, P., Ruokamo, E., Lazarevic, D., Mattinen-Yuryev, M., ... & Nissinen, A. (2019). Taloudellisten kannusteiden käyttö vähähiilisen rakentamisen ohjauksessa: TALO-hankkeen loppuraportti. Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:32.

## 5. Betoni- ja puurakentamisesta

Puurakennukseen varastoituu hiiltä:

- Puun eduiksi on mielletty rakennusten fyysiset hiilivarastot sekä puun käytöllä aikaansaadut korvausvaikutukset.
- Korvausvaikutus tarkoittaa sitä, että syrjäytetään toista materiaalia, josta aiheutuisi suuremmat päästöt.
- Massiivipuusta rakennetun opetusrakennuksen energiatehokkuuden E-arvo voi olla 10 % suurempi kuin betonirunkoisella, eli käytännössä rakennuksen vuotuinen energiankulutus neliötä kohden voi olla 10% suurempi.
- Puu- ja betonirunkoisilla rakennuksilla voi myös olla erimittainen elinkaari.

<https://www.luke.fi/blogi/puurakentamisen-ilmastovaikutusten-analyysissa-pitaa-menna-metsaan>



<https://www.metsawood.com>

Myös betonirakentaminen sitoo hiiltä:

- Hiilen sitoutumisen aiheuttava ilmiö, betonin karbonatisoituminen, on tunnettu jo vuosikymmeniä, mutta sitä ei ole ymmärretty ottaa huomioon ilmakehän hiilidioksidia alentavana tekijänä.
- Karbonatisoitumisilmiössä kalkkikivistä polton yhteydessä vapautunut hiilidioksidi pyrkii sitoutumaan takaisin sementtikiveen.
- Ilmiö voi olla ilmastonmuutoksen torjumisen kannalta merkittävä, koska koko olemassa oleva betonirakennekanta sitoo jatkuvasti hiilidioksidia siltä osin, kun se on kosketuksessa ilmaan.
- Betoni kierrätysvaihe on myös oleellinen betonin hiilinielun kannalta, sillä murskattaessa paljastuu merkittävästi karbonatisoitumatonta pinta-alaa.

<https://concretesolution.fi/betoniko-hiilinielu>

Elinkaaren  
Hiilijalanjälki



# Elinkaaren hiilijalanjälkiraportti



*wsp.com*