

# Kutterinlastueristeisten rakenteiden hiililaskennan tuloksia

Arto Saari<sup>1</sup>, Eero Tuominen<sup>2</sup> ja Juha Vinha<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Tampereen yliopisto, rakennustekniikka, rakentamistalous

<sup>2</sup> Tampereen yliopisto, rakennustekniikka, rakennusfysiikka

## Tiivistelmä

Tutkimuksessa analysoidaan asuinrakentamiseen soveltuvia puupohjaisia rakennuksen ulkoseinä-, yläpohja- ja alapohjarakenteiden hiilijalan- ja kädenjälkeä. Analysoiduissa rakenteissa on lämmöneristeenä kutterinlastu ja savetettu kutterinlastu. Niitä verrataan nykyään käytettäviin tyypillisiin rakenteisiin sekä esitetään myös kosteusturvalliset suositellut rakenteet. Hiililaskenta on suoritettu käyttäen ympäristöministeriön laskentamenettelyä, joka pohjautuu EN-standardeihin. Laskennassa käytettiin ympäristöministeriön julkaisemaa rakentamisen päästötietokantaa täydennettynä erikseen selvitettävillä rakennusmateriaalien päästötiedoilla. Kutterinlastulla ja savetettu kutterinlastulla lämmöneristettyjen puupohjaisten ulkoseinä-, yläpohja- ja alapohjarakenteiden hiilijalanjälki on selvästi alhaisempi kuin mineraalivillaeristeisten rakenteiden ja se on murto-osa, kun verrataan betonirakenteiseen ulkoseinään.

## 1. Johdanto

Luonnonmukaiset rakennusaineet ovat jo pidempään olleet yleisen kiinnostuksen kohteena, ja itse asiassa ne ovat olleetkin aiemmin vallitseva tapa rakentamisessa. Sotien jälkeen kehitettiin puurakenteinen tyyppitalo, ns. rintamamiestalo, jossa lämmöneristeenä käytettiin yleisesti paikallista luonnonmukaista materiaalia sahanpurua ja kutterinlastua. Viime aikoina on Keski-Euroopasta saatu kokemuksia savetetun kutterinlastun käytöstä rakenteiden lämmöneristeenä. Näiden kokemusten innoittamana on Tampereen yliopiston rakennusfysiikan tutkimusryhmän toimesta kehitetty ja testattu laboratorio- ja kenttäkokeissa ulkoseinä-, yläpohja- ja alapohjarakenteita, jossa on käytetty lämmöneristeenä kutterinlastua ja savetettua kutterinlastua. Tutkimukset on tehty osana Ympäristöministeriön rahoittamaa ECOSAFE -hanketta. Tulokset ovat lupaavia.

Tässä paperissa analysoidaan rakenteita, joissa on lämmöneristeenä kutterinlastu ja savetettu kutterinlastu sekä lasketaan niiden hiilijalan- ja kädenjäljet. Niitä verrataan nykyään käytettäviin tyypillisiin rakenteisiin. Tässä käydään läpi edellä mainittuja hiililaskennan tuloksia.

## 2. Tutkimusmenetelmä

Hiililaskenta on suoritettu käyttäen ympäristöministeriön laskentamenettelyä [1], joka pohjautuu EN-standardeihin. Rakennuksen elinkaaren vaiheet ovat tuotevaihe, rakentaminen, käyttövaihe ja elinkaaren loppu (Kuva 1).

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan tuotevaihetta, joka sisältää raaka-aineiden hankinnan (A1), kuljetuksen valmistukseen (A2) ja tuotteen valmistuksen (A3). Lisäksi laskennassa tarkastellaan rakennuksen elinkaaren ulkopuolelle jäävistä hyödyistä ja haitoista rakenteisiin varastoitunutta hiiltä (D3).

Laskennassa käytetään ympäristöministeriön julkaisemaa rakentamisen päästötietokantaa [2] täydennettynä erikseen selvitettävillä rakennusmateriaalien päästötiedoilla. Eriksien selvittävät materiaali olivat tässä kutterinlastu ja savi.

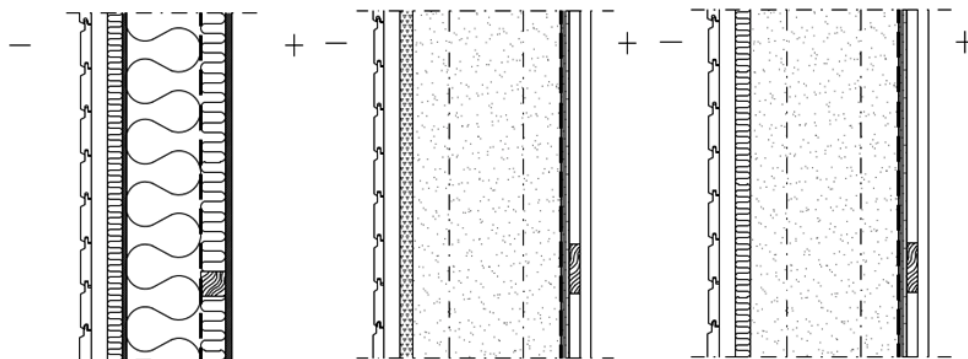
Tässä tutkimuksessa ei tarkastella rakentamisen hiilijälkeä (kuljetus työmaalle A4 ja työmaatoiminnot A5), käyttövaiheen hiilijälkeä (B) eikä elinkaaren loppua (C). Oletetaan, että tarkasteltavat rakenteet eivät aiheuta merkittävää eroa rakentamisen hiilijälkeen eikä elinkaaren lopun hiilijälkeen. Samoin vaihtoehtoisten rakenteiden U-arvot ovat samat. Siten rakenteiden välillä ei ole eroja energiankulutuksessa ja sen hiilijäljessä edellyttäen, että rakennuksen lämmitystapa on sama. Lisäksi rakenteet vaativat 50 vuoden tarkastelujakson aikana vain vähäisiä lähinnä ulkopintaan kohdistuvia korjaustoimenpiteitä. Niiden vaikutus rakennuksen hiilijälkeen on marginaalinen, eikä niitä ole huomioitu tässä tutkimuksessa.

Tuotevaihe	Rakentaminen	Käyttövaihe		Elinkaaren loppu
A1 Raaka-aineen hankinta	A4 Kuljetus työmaalle	B1 Tuotteen käyttö rakennuksessa	B5 Laajamittaiset korjaukset	C1 Purkaminen
A2 Kuljetus valmistukseen	A5 Työmaatoiminnot	B2 Kunnossapito	B6 Energian käyttö	C2 Kuljetus jatkokäsittelyyn
A3 Tuotteen valmistus		B3 Korjaukset	B7 Veden käyttö	C3 Purkujätteen käsittely
		B4 Osien vaihto		C4 Purkujätteen loppusijoitus
<b>D</b>				
<b>Lisätiedot</b>				
		Rakennuksen elinkaaren ulkopuolelle jäävät hyödyt ja haitat		

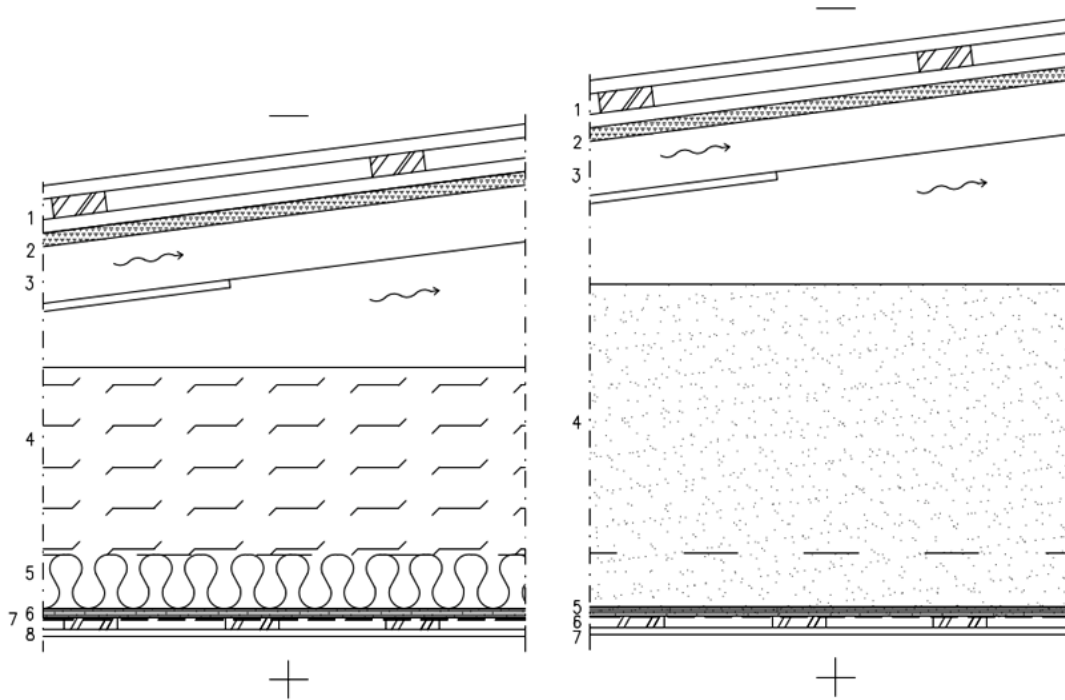
Kuva 1. Rakennuksen elinkaaren vaiheet rakennuksen vähähiilisyyden arvioinnissa. Muokattu käyttäen lähdettä [1].

### 3. Tutkitut rakenteet

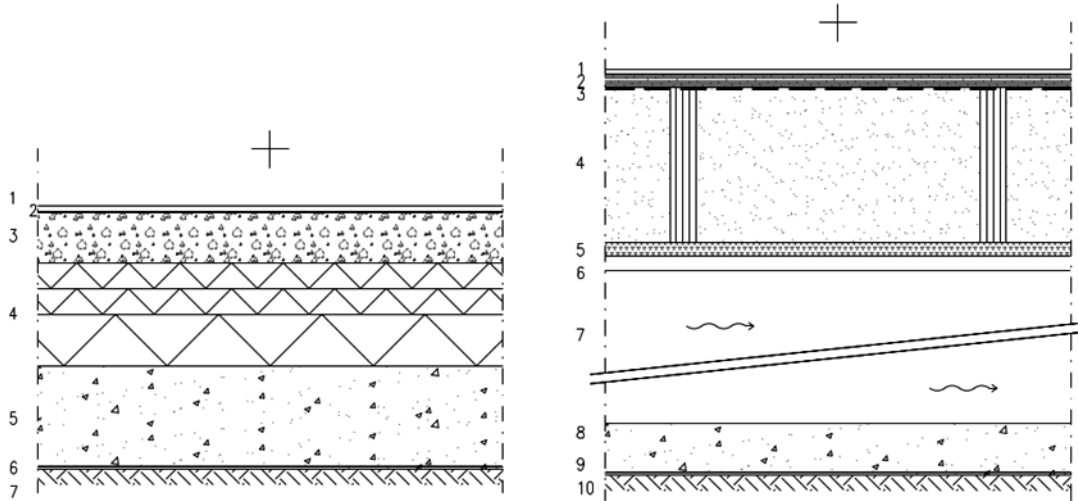
Tutkitut rakenteet on esitetty kuvissa 2-5.



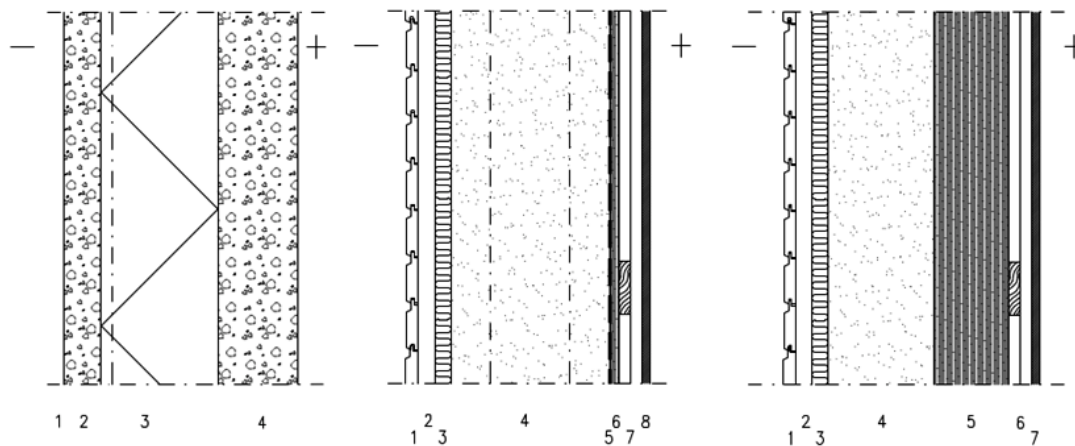
Kuva 2. Hiililaskennan kohteena olleet omakotitalon ulkoseinärakenteet. Vasemmalla: nykyään vallitseva rakenne (eristeet: 32mm+148mm+48mm); Keskellä: puupohjainen rakenne, lämmöneristeinä puhdas kutterinlastu tai savetettu kutterinlastu (eristeet: 25mm+300mm); Oikealla: puupohjainen rakenne, jossa tuulensuojana mineraalivilla (eristeet: 30mm+300mm). Rakenteiden U-arvo on 0,17 W/m<sup>2</sup>K.



Kuva 3. Hiililaskennan kohteena olleet omakotitalon yläpohjarakenteet. Vasemmalla: nykyään vallitseva rakenne (eristeet: 25mm+350mm+100mm); Oikealla: puupohjainen rakenne, lämmöneristeinä puhdas kutterinlastu tai savetettu kutterinlastu (eristeet: 25mm+600mm). Rakenteiden U-arvo on 0,09 W/m<sup>2</sup>K.



Kuva 4. Hiililaskennan kohteena olleet omakotitalon alapohjarakenteet. Vasemmalla: nykyään vallitseva rakenne (eristeet: 200mm).; Oikealla: puupohjainen rakenne, lämmöneristeinä puhdas kutterinlastu tai savetettu kutterinlastu (eristeet: 300mm+25mm). Rakenteiden U-arvo on 0,17 W/m<sup>2</sup>K.



Kuva 5. Hiililaskennan kohteena olleet kerrostalon ulkoseinärakenteet. Vasemmalla: nykyään vallitseva rakenne (eristeet: 220mm); Keskellä: rankarunkoinen puupohjainen rakenne, lämmöneristeenä puhdas kutterinlastu tai savetettu kutterinlastu (eristeet: 30mm+300mm); Oikealla: CLT-rakenteinen puupohjainen rakenne (eristeet: 30mm+200mm). Rakenteiden U-arvo on 0,17 W/m<sup>2</sup>K.

#### 4. Laskennan tulokset

Hiililaskennan tulokset on esitetty taulukossa 1. Laskennan kohteena olevat rakenteet ovat U-arvoltaan yhtenevät, eli ulkoseinien U-arvo on 0,17 W/m<sup>2</sup>K, yläpohjien U-arvo on 0,09 W/m<sup>2</sup>K ja alapohjien U-arvo on 0,17 W/m<sup>2</sup>K.

Laskelmissa on oletettu, että kutterinlastu ja savetettu kutterinlastu käsitellään lähellä paikkaa, jossa kutterinlastua syntyy saha- tai puusepänteollisuuden sivutuotteena. Myöskin on oletettu, että käytettävä savi on läheltä saatavaa kaivuujätettä ja sitä aurinkokuivataan. Samoin on oletettu, että kutterinlastun ja savetetun kutterinlastun mahdollisessa lisäkuivatuksessa käytetään polttoaineena purua ja jätettä.

Laskennassa ei ole laskettu 50 vuoden tarkastelujakson jälkeistä materiaalien uudelleen käyttöä ja kierrätystä (D1) eikä energiakäyttöä (D2). Voidaan kuitenkin olettaa, että puupohjainen materiaali käytetään pääosin energiakäytössä sekä betoni ja teräs kierrätetään.

Betonirakenteet sitovat käytön aikana hiiltä karbonatisoitumisen seurauksena. Käytössä olevassa rakennuskannassa betonin karbonatisoitumisen aikaansaama hiilensidontapotentiaali on arviolta noin 15-20 % kalsinoinnin päästöistä (CANEMURE-hankkeen CO<sub>2</sub>crete solution-osahankkeen raportti Q1/2020, viitattu lähteessä [2]). Saman lähteen mukaan rakennuksen purkamisen jälkeen pieneen raekokoon murskattuna sen karbonatisoitumisen potentiaali on n. 80 % kalsinoinnin päästöistä. Se kuitenkin edellyttää murskeen kääntelyä muutaman kuukauden ajan siten, että aktiivista pintaa saadaan murskekasassa esiin.

Taulukoissa 2-3 on esitetty kerrostalon ulkoseinärakenteiden hiililaskennan tuoterakennelaskelmia.

Taulukko 1. Laskennan tulokset.

Rakenne		Määrä	Yksikkö	Hiilijalanjälki A1-A3, kgCO <sub>2</sub> e			Hiilikädenjälki, kgCO <sub>2</sub> e
Koodi	Nimi			GWP (A1-A3), Tyypillinen arvo, kgCO <sub>2</sub> e	Konservatiivisen arvon kerroin	GWP (A1-A3), Konservatiivinen arvo, kgCO <sub>2</sub> e	D3 Hiilivarasto
<b>Omakotitalo:</b>							
<b>US-mv, U=0,17</b>	<b>Omakotitalo nykyisin ratkaisuin</b>	<b>1</b>	<b>us-m<sup>2</sup></b>	<b>44</b>	<b>1,2</b>	<b>53</b>	<b>-33</b>
US-kl	Omakotitalo puupohjaisin ratkaisuin, puhdas kutteri	1	us-m <sup>2</sup>	14	1,2	17	-143
US-kl_s	Omakotitalo puupohjaisin ratkaisuin, savetettu kutteri	1	us-m <sup>2</sup>	15	1,2	18	-142
US-kl-mv	Omakotitalo ECOSAFE-suositusratkaisu, puhdas kutteri	1	us-m <sup>2</sup>	35	1,2	42	-142
US-kl_s-mv	Omakotitalo ECOSAFE-suositusratkaisu, savetettu kutteri	1	us-m <sup>2</sup>	35	1,2	42	-142
<b>YP-mv U=0,09</b>	<b>Omakotitalo nykyisin ratkaisuin</b>	<b>1</b>	<b>yp-m<sup>2</sup></b>	<b>36</b>	<b>1,2</b>	<b>43</b>	<b>-39</b>
YP-kl	Omakotitalo puupohjaisin ratkaisuin, puhdas kutteri	1	yp-m <sup>2</sup>	12	1,2	15	-207
YP-kl_s	Omakotitalo puupohjaisin ratkaisuin, savetettu kutteri	1	yp-m <sup>2</sup>	12	1,2	15	-207
YP-kl	Omakotitalo ECOSAFE-suositusratkaisu, puhdas kutteri	1	yp-m <sup>2</sup>	12	1,2	15	-207
YP-kl_s	Omakotitalo ECOSAFE-suositusratkaisu, savetettu kutteri	1	yp-m <sup>2</sup>	12	1,2	15	-207
<b>AP-maa, U=0,17</b>	<b>Omakotitalo nykyisin ratkaisuin</b>	<b>1</b>	<b>ap-m<sup>2</sup></b>	<b>50</b>	<b>1,2</b>	<b>60</b>	<b>0</b>
AP-kl	Omakotitalo puupohjaisin ratkaisuin, puhdas kutteri	1	ap-m <sup>2</sup>	19	1,2	23	-135
AP-kl_s	Omakotitalo puupohjaisin ratkaisuin, savetettu kutteri	1	ap-m <sup>2</sup>	19	1,2	23	-135
AP-maa, U=0,17	Omakotitalo, ECOSAFE-suositusratkaisu	1	ap-m <sup>2</sup>	50	1,2	60	0
<b>Kerrostalo:</b>							
<b>US-bet, U=0,17, ei kantava</b>	<b>Kerrostalo tyypillinen nykyinen rakenne, ei kantava</b>	<b>1</b>	<b>us-m<sup>2</sup></b>	<b>77</b>	<b>1,2</b>	<b>92</b>	<b>0</b>
<b>US-bet U=0,17, kantava</b>	<b>Kerrostalo tyypillinen nykyinen rakenne, kantava</b>	<b>1</b>	<b>us-m<sup>2</sup></b>	<b>96</b>	<b>1,2</b>	<b>115</b>	<b>0</b>
US-kl_s-ranka	Kerrostalo puupohjainen seinärakenne	1	us-m <sup>2</sup>	16	1,2	19	-142
US-kl_s-clt	CLT kerrostalo, kutterieristetty seinärakenne	1	us-m <sup>2</sup>	18	1,2	22	-199

Koodin kerkinnät: US = ulkoseinä, YP = yläpohja, AP = alapohja, kl = kutterinlastu, kl\_s = savetettu kutterinlastu, mv = mineraalivilla, bet = betoni, ranka = rankarunko, clt = ristiinlaminoitu puu, maa = maanvastainen

Taulukko 2. Kerrostalon betonirakenteisen ulkoseinän tuotevaiheen (A1-A3) hiililaskelma.

Kerrostalo tyypillinen nykyinen rakenne, ei kantava												
<b>US-bet, U=0,17, ei kantava</b>												
Rivi	Rakennusosa			Rakennusosan hiilijalanjälki ja hiilikädenjälki				Tuotetieto				
				Rivit	Määrä	Yksikkö	GWP (A1-A3), Tyypillinen arvo, kgCO <sub>2</sub> e	Konservatiivisen arvon kerroin	GWP (A1-A3), Konservatiivinen arvo, kgCO <sub>2</sub> e	D3 Hiilivarasto	Lähde	Pvm
1			Pintarakenne									
2	80 mm		Betoniulkokuori	2,3,4	1	us-m <sup>2</sup>	77	1,2	92	0	Rakentamisen päästötieto	18.3.2021
3	220 mm		Uritettu mineraalivilla									
4	80 mm		Betonisäätökuori, ei kantava									
5			Pintarakenne									
<b>YHTEENSÄ</b>					<b>1</b>	<b>us-m<sup>2</sup></b>	<b>77</b>	<b>1,2</b>	<b>92</b>	<b>0</b>		

Arto Saari 11.10.2021

Taulukko 3. Kerrostalon puurakenteisen CLT-ulkoseinän tuotevaiheen (A1-A3) hiililaskelma.

CLT kerrostalo, kutterieristetty seinärakenne										
US-kl s-clt										
Rivi	Rakennusosa	Rakennusosan hiilijalanjälki ja hiilikädenjälki						Tuotetieto		
		Rivit	Määrä	Yksikkö	GWP (A1-A3), Tyypillinen arvo, kgCO2e	Konservatiivisen arvon kerroin	GWP (A1-A3), Konservatiivinen arvo, kgCO2e	D3 Hiilivarasto	Lähde	Pvm
1	Pintarakenne									
2	>23 mm Ulkoverhouslautaa	2	1	us-m2	0,7	1,2	0,9	-16,7	Rakentamisen päästötieto	18.3.2021
3	32 mm Ilmarako + pystyauoitus 32x100 k600, tarvittavat palokatkot	3	1	us-m2	0,2	1,2	0,2	-4,1	Rakentamisen päästötieto	18.3.2021
4	30 mm Mineraalivillatuulensuoja, paroc cortex, lambda_d=0,033	3	1	us-m2	2,2	1,2	2,6	0,0	Rakentamisen päästötieto	18.3.2021
5	200 mm 200 mm savetettu kutterinlastueriste + pystyrunko 50x200									
	* Savi	5	1	us-m2	0,0	1,2	0,0	0,0	Pölkky Oy	23.4.2021
	* Kutterinlastu	5	1	us-m2	0,0	1,2	0,0	-54,4	Pölkky Oy	23.4.2021
	* Pystyrunko kerto 50x200	5	1	us-m2	0,5	1,2	0,6	-12,7	Rakentamisen päästötieto	18.3.2021
6	140 mm 140 mm CLT-massiivipuulaatta	6	1	us-m2	11,2	1,2	13,4	-105,3	Rakentamisen päästötieto	18.3.2021
8	44 mm Ristiinkoolaus / asennustila 2x 22x100 k600	8	1	us-m2	0,2	1,2	0,3	-5,6	Rakentamisen päästötieto	18.3.2021
9	15 mm Palokipsilevy	9	1	us-m2	3,0	1,2	3,6	0,0	Rakentamisen päästötieto	18.3.2021
10	Pintarakenne									
<b>YHTEENSÄ</b>			<b>1</b>	<b>us-m2</b>	<b>18</b>	<b>1,2</b>	<b>22</b>	<b>-199</b>		

Arto Saari 11.10.2021

## 5. Yhteenveto

Kutterinlastulla ja savetettu kutterinlastulla lämmöneristettyjen puupohjaisten ulkoseinä-, yläpohja- ja alapohjarakenteiden hiilijalanjälki on selvästi alhaisempi kuin mineraalivillaaeristeisten rakenteiden ja se on murto-osa, kun verrataan betonirakenteiseen ulkoseinään. Kutterinlastua saadaan saha- ja puusepänteollisuuden sivutuotteena. Samoin sieltä saadaan jätepuuta, jota voidaan tarvittaessa käyttää kutterinlastun ja saven kuivaukseen. Kutterinlastun ja saven käyttö tukee paikallista teollisuutta ja työllisyyttä.

## Lähdeluettelo

- [1] Rakennuksen vähähiilisyden arviointimenetelmä, Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:22, 54 s. Julkaisun pysyvä osoite: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-029-3>
- [2] Rakentamisen päästötietokanta, Suomen ympäristökeskus SYKE, Ympäristöministeriö, <https://co2data.fi/>
- [3] Vähähiilinen rakennusteollisuus 2035, Osa 2, Rakennusteollisuus, 15.5.2020 Gaia Consulting Oy, Helsinki, 83 s.