

**EAKR-hanke**  
**Teolliset symbioosit materiaalikehitys ja Malli-Y analyysi**  
**Pohjois-Savo**



**Raportti**

**Elinkaariklinikka:** Uudenaikaisen rintamamiestalon valmistuksen aiheuttamat ilmastovaikutukset

Yrityksen nimi

Lapiomiestalo Oy

Arvioinnin suorittajat

Johanna Niemistö ja Anne Holma

Elinkaariklinikan pvm

3.5.2018



**S Y K E**



**Euroopan unioni**  
Euroopan aluekehitysrahasto

**Vipuvoimaa**  
**EU:lta**  
2014–2020



**Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus**



**NAVITAS**  
YRITYSPALVELUT



**Iisalmen**  
**TEOLLISUUSKYLÄ Oy**



**SAVONIA**  
AMMATTIKORKEAKOULU

## 1 Johdanto

Tämän yksinkertaistetun elinkaariarvioinnin (elinkaariklinikan) suorittivat Suomen ympäristökeskus SYKE ja Lapiomies Oy. Arviointi on osa hanketta ”Teolliset symbioosit materiaalikehitys ja Malli-Y analyysi Pohjois-Savo (2017–2019)”. Hankkeen rahoittajia ovat Euroopan aluekehitysrahasto (EAKR), jonka rahoittavana kansallisena viranomaisena Etelä-Savon elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, kuntarahoitus (Kuopio, Iisalmi, Varkaus ja Suonenjoki) sekä hankkeen toteuttajat: Navitas Kehitys Oy, Iisalmen teollisuuskylä Oy, Savonia-Ammattikorkeakoulu Oy ja SYKE.

Arvioinnin tavoitteena on saada tietoa Lapinlahden Alapitkälle vuonna 2015 valmistuneen Juhontalon rakennusvaiheen aiheuttamista ilmastovaikutuksista. Erikoistutkijat Johanna Niemistö ja Anne Holma olivat vastuussa arvioinnin toteuttamisesta. Matti Valkonen ja Aku-Ville Paulman (nykyään töissä Savonia-amk:ssa) osallistuivat arviointiin Lapiomies Oy:n puolesta. Arviointiin osallistui lisäksi myös Merja Tolvanen Savonia-amk:sta.

## 2 Arviointi

Elinkaariklinikan tavoitteena oli arvioida Juhontalon eli ns. savolaisen ekotalon tai uudenaikaisen rintamamiestalon rakentamisvaiheen aikana syntyviä ympäristövaikutuksia yksinkertaistetun elinkaariarvioinnin (streamlined LCA) avulla. Talon sijainti on valittu niin, että routaeristystä ei tarvita, ja talon mitoituksissa on pyritty rakennusmateriaalien hävikin minimointiin. Alapohja on tuulettuva, vain savupiippu ja kylpytilat ovat betonirakenteiset. Lattiapohjassa on puarina, jonka päällä on runko. Seinissä on vinolaudoitus ja rungossa on harvennettu tolppajako, jolloin puuntarve on vähäisempi. Kattotelineet on asennettu puutolppien päälle. Asennuksille ja kanaville on varattu omat tilansa, jolloin niihin on helppo tehdä muutoksia myöhemmin. Tarvittaessa esim. lämmöneristeet voidaan vaihtaa rakenteita purkamatta.

Lisätietoja: [http://www.lapiomies.fi/wp/wp-content/uploads/2017/01/Juhon\\_talo\\_KEVYT\\_esite\\_Lapiomies\\_2015.pdf](http://www.lapiomies.fi/wp/wp-content/uploads/2017/01/Juhon_talo_KEVYT_esite_Lapiomies_2015.pdf)

Arvioinnissa keskityttiin ilmastonmuutokseen liittyviin vaikutuksiin (jatkossa ilmastovaikutukset). Elinkaariklinikan aikana käytiin prosessin materiaalitietoja läpi ja arviointi suoritettiin näiden lähtötietojen (taulukot 1-4) avulla.

Arvioinnin *toiminnalliseksi yksiköksi* määritettiin **yhden ekotalon rakentaminen**.

Lattia-, seinä- ja yläpohjarakenteet arvioitiin erillisinä rakenneosina taulukoiden 1–4 materiaalitietojen mukaan. Materiaalitiedot on esitetty yhtä neliometriä kohden.

**Taulukko 1.** Lattiarakenteen materiaalitiedot per m<sup>2</sup>. Talon lattiapinta-ala yhteensä 122 m<sup>2</sup>.

Materiaali	Määrä	Huomioita
Puutavara (havupuu, lauta)	(0,028+0,0197+0,0211+0,0489) m <sup>3</sup> = 0,1177 m <sup>3</sup> , massa 31,488 kg	Lattiaponttilauta, koolaukset (48*123 ja 22*125), runko
Ilmansulkupaperi	0,16 kg	
Selluvillaeriste	12 kg	
Runkoleijonalevy	5,162 kg	
Naulat	1 kg	
<b>Raaka-aineiden kuljetukset</b>	=(31,488,1+0,16+12+5,162+1)kg*40 km =49,81 kg*40 km =1992,4 kg*km	40 km, täysperävaunuyhdistelmä (40 t)

**Taulukko 2.** Seinärakenteen materiaalitiedot per m<sup>2</sup>. Talon seinäpinta-ala yhteensä 94 m<sup>2</sup>.

Materiaali	Määrä	Huomioita
Puutavara (havupuu, lauta)	(19,78+5,48+2,64+9,2) =37,1 kg, 0,0983 m <sup>3</sup>	Raakapontti(x2), runko, koolaus, ulkoverhouspaneeli
Ilmansulkupaperi	0,16 kg	Mallinnettu valkaisuomattomana voimapaperina (kraft-paperi)
Ilmansulkuteippi	=7 rll*0,55 kg/94=0,04096 kg	Mallinnettu teippinä, jossa polyetyleenä ja akryylihohjainen liima.
Selluvillaeriste	6,9 kg	
Kipsilevy	12,2 kg	
Naulat	1 kg	
<b>Raaka-aineiden kuljetukset</b>	=(37,1+0,16+3,85+6,9+12,2+1)kg*40 km =61,21 kg*40 km =2448,44 kg*km	40 km, puoliperävaunuyhdistelmä (40 t)

**Taulukko 3.** Yläpohjan materiaalitiedot per m<sup>2</sup>. Yläpohjan pinta-ala yhteensä 122 m<sup>2</sup>.

Materiaali	Määrä	Huomioita
Puutavara (havupuu, lauta)	(6+10+15+12) kg = 43 kg (0,014+0,023+0,0349+0,208) m <sup>3</sup> = 0,0999 m <sup>3</sup>	Paneeli, raakapontti, kattotuoli, raakaponttilaudoitus
Ilmansulkupaperi	0,208 kg	
Ilmansulkuteippi	=13 rll*0,55 kg/122 = 0,0586 kg	
Selluvillaeriste	23 kg	
Kattohuopa	3,75 kg	Bitumihuopakate
Vesikouru	47,4 kg/122= 0,389 kg	Maalattu alumiini,
Naulat	1 kg	
<b>Raaka-aineiden kuljetukset</b>	=(43+0,208+0,0586+23+3,75+1+0,389)kg*40 km =71,4056 kg*40 km =2856,224 kg*km	40 km, puoliperävaunuyhdistelmä (40 t)

**Taulukko 4.** Perustusten materiaalitiedot per m<sup>2</sup>.

Materiaali	Määrä	Huomioita
Betoni	480 kg, 0,192 m <sup>3</sup>	
Betoniharkot	0,075 m <sup>3</sup> , 500 kg	
Teräs	6 kg	
Kaivinkoneen polttoaine	100 litraa (diesel)	Kaivurin käyttöaika 24 tuntia, dieselin tiheys 0,8 kg/l eli massa yhteensä 80 kg.
Kuljetukset	=(480+500+6)kg*40km = 39440 kg*km	

Koko talon arviointia varten eri rakenneosat koottiin yhdeksi prosessiksi taulukon 5 mukaisesti.

**Taulukko 5.** Ekotalon rakenteiden neliömäärät koko talon osalta ja rakennusvaiheen aikana käytetty energia.

Rakenne	Määrä (m <sup>2</sup> )	Huomioita
Perustukset	25	
Lattia	122	
Yläpohja	122	
Seinät	94	
Energia	2700 kWh	Rakentamisen aikainen sähkönkulutus, sis. myös lämmityksen.

## Rajaukset

Raaka-aineiden oletettiin olevan neitseellisiä materiaaleja.

## Laskenta

Arvioitava prosessi mallinnettiin openLCA-ohjelmistolla (GreenDelta, versio 1.6.3, ympäristövaikutusten arviointimenetelmänä oli ReCiPe-keskipistemallinnus). Arvioinnissa käytettiin yritykseltä saatuja materiaalitietoja (taulukko 1) sekä inventaariotietoja (life cycle inventory eli LCI data) Ecoinventin (versio 3.4) tietokannoista. Myös Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:n tuottaman Suomen liikenteen pakokaasupäästöjen ja energiankulutuksen laskentajärjestelmä LIPASTOn<sup>1</sup> tietoja käytettiin apuna kuljetusten mallinnuksessa. Muut arvioinnin tukena käytetyt tietolähteet on mainittu erikseen raportin alaviitteissä.

Yksinkertaistetun LCA-arvioinnin myötä tarkastelussa keskityttiin ilmastovaikutuksiin. Tulokset on esitetty hiilidioksidi-ekvivalenttina (CO<sub>2</sub>-ekv.) eli kaikkien ilmastomuutokseen vaikuttavien kasvihuonekaasupäästöjen (esim. hiilidioksidi, metaani, dityypimonoksidi) yhteismitallistettuna summana. Kullakin kasvihuonekaasulla on oma lämmityspotentiaalikerroin (global warming potential eli GWP-kerroin), joka huomioi kaasujen viipymäajat ilmakehässä sekä kaasujen lämpösäteilyn läpäisyominaisuudet ilmakehässä. Kasvihuonekaasun määrä suhteutetaan hiilidioksidin lämmitysvaikutukseen tietyllä ajanjaksolla (yleensä 100 vuotta). Esimerkiksi metaanin GWP-kerroin sadan vuoden ajalta kumulatiivisesti laskettuna on 28, eli metaanin lämmitysvaikutus on 28-kertainen hiilidioksidiin verrattuna.<sup>2</sup>

## 3 Ilmastovaikutukset

Arvioinnin tulokset on esitetty taulukoissa 6–10.

**Taulukko 6.** Lattiarakenteen tuotannon ilmastovaikutukset per m<sup>2</sup>.

Contribution	Process	Amount	Unit
100.00%	Lapiomies Oy_lattia	20.52076	kg CO2 eq
> 72.13%	sawwood production, hardwood, dried (u=20%), planed   sawwood, hardwood, dried (u=20%), planed   Cutoff, U - RER	14.80161	kg CO2 eq
> 12.15%	Steel hot dip galvanized (ILCD), production mix, at plant, blast furnace route, 1kg, typical thickness between 0.3 - 3 mm. t...	2.49225	kg CO2 eq
10.68%	Leijona_rakennuslevy	2.19260	kg CO2 eq
> 03.96%	wood wool production   wood wool   Cutoff, U - RER	0.81215	kg CO2 eq
> 00.64%	kraft paper production, unbleached   kraft paper, unbleached   Cutoff, U - RER	0.13120	kg CO2 eq
> 00.44%	Transport, semi trailer, 40 t, full, (average), FI	0.09095	kg CO2 eq

Yhden lattianeliömetrin tuotanto aiheuttaa noin 21 kg CO<sub>2</sub>-ekv. ilmastovaikutukset, joka vastaa noin 100 kilometrin henkilöautolla ajoa Suomessa<sup>3</sup>. Puutavara aiheuttaa noin 72,1 % lattianeliömetrin ilmastovaikutuksista. Naulojen osuus on 12,2 %, Leijona-rakennuslevyn puolestaan 10,7 %, selluvillaeristeen osuus 4 %, ilmansulkupaperin ja kuljetusten ilmastovaikutusten jäädessä alle yhteen prosenttiin.

<sup>1</sup> <http://lipasto.vtt.fi/> (viitattu 22.1.2018)

<sup>2</sup> Myhre, G. ym. 2013. Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. Julk.: Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M, Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A, Xia, Y, Bex, V. & Midgley, P.M. (eds). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Cambridge University Press. S. 659-740. <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>, viitattu 9.2.2018.

<sup>3</sup> Henkilöauton aiheuttamat päästöt keskimäärin 209,9 CO<sub>2</sub> g/km, ajossa syntyvien päästöjen lisäksi myös polttoaineen ja auton valmistus on huomioitu (tarkempi laskelma saatavilla pyynnöstä).

**Taulukko 7.** Seinärakenteen tuotannon ilmastovaikutukset per m<sup>2</sup>.

Contribution	Process	Amount	Unit
100.00%	Lapiomies Oy_seinä	16.68892	kg CO2 eq
> 67.29%	sawnwood production, hardwood, dried (u=20%), planed   sawnwood, hardwood, dried (u=20%), planed   Cutoff, U - RER	11.23011	kg CO2 eq
> 14.93%	Steel hot dip galvanized (ILCD), production mix, at plant, blast furnace route, 1kg, typical thickness between 0.3 - 3 mm. ...	2.49225	kg CO2 eq
> 12.70%	gypsum plasterboard production   gypsum plasterboard   Cutoff, U - CH	2.11917	kg CO2 eq
> 02.80%	wood wool production   wood wool   Cutoff, U - RER	0.46698	kg CO2 eq
> 00.82%	Sealing tape (PE and acrylic binder)	0.13744	kg CO2 eq
> 00.79%	kraft paper production, unbleached   kraft paper, unbleached   Cutoff, U - RER	0.13120	kg CO2 eq
> 00.67%	Transport, semi trailer, 40 t, full, (average), FI	0.11177	kg CO2 eq

Yhden seinäneliömetrin tuotanto aiheuttaa noin 17 kg CO<sub>2</sub>-ekv. ilmastovaikutukset, joka vastaa noin 81 kilometrin henkilöautolla ajoa Suomessa<sup>3</sup>. Puutavaran tuotanto aiheuttaa noin 67,3 % seinäneliömetrin ilmastovaikutuksista. Naulojen osuus on 14,9 %, kipsilevyn 12,7 %, selluvillaeristeen osuus 2,8 %, ilmansulkuteipin, ilmansulkupaperin ja kuljetusten ilmastovaikutusten jäädessä alle yhteen prosenttiin.

**Taulukko 8.** Yläpohjarakenteen tuotannon ilmastovaikutukset per m<sup>2</sup>.

Contribution	Process	Amount	Unit
100.00%	Lapiomies Oy_yläpohja	19.06151	kg CO2 eq
> 65.91%	sawnwood production, hardwood, dried (u=20%), planed   sawnwood, hardwood, dried (u=20%), planed   Cutoff, U - RER	12.56313	kg CO2 eq
> 13.07%	Steel hot dip galvanized (ILCD), production mix, at plant, blast furnace route, 1kg, typical thickness between 0.3 - 3 mm. typical width between...	2.49225	kg CO2 eq
> 10.02%	metal working, average for aluminium product manufacturing   metal working, average for aluminium product manufacturing   Cutoff, U - RER	1.90982	kg CO2 eq
> 08.17%	wood wool production   wood wool   Cutoff, S - RER	1.55661	kg CO2 eq
> 01.08%	Sealing tape (PE and acrylic binder)	0.20637	kg CO2 eq
> 00.89%	kraft paper production, unbleached   kraft paper, unbleached   Cutoff, U - RER	0.17056	kg CO2 eq
> 00.67%	Transport, semi trailer, 40 t, full, (average), FI	0.12856	kg CO2 eq
00.18%	Bitumen roof sheet production	0.03420	kg CO2 eq

Yhden yläpohjaneliömetrin tuotanto aiheuttaa noin 19 kg CO<sub>2</sub>-ekv. ilmastovaikutukset, joka vastaa noin 91 kilometrin henkilöautolla ajoa Suomessa<sup>3</sup>. Puutavaran tuotanto aiheuttaa noin 65,9 % yläpohjan (yksi m<sup>2</sup>) ilmastovaikutuksista. Naulojen osuus on 13,1 %, vesikourun osuus 10 % ja selluvillaeristeen osuus 8,2 % kokonaisilmastovaikutuksista. Ilmansulkupaperin, kuljetusten ja kattuhuovan valmistuksen ilmastovaikutukset jäävät kaikki alle yhteen prosenttiin.

**Taulukko 9.** Perustusten tuotannon ilmastovaikutukset per m<sup>2</sup>.

Contribution	Process	Amount	Unit
100.00%	Lapiomies Oy_perustukset	122.71437	kg CO2 eq
> 31.85%	unreinforced concrete production, with cement CEM II/A   concrete, normal   Cutoff, U - RoW	39.07873	kg CO2 eq
> 31.39%	concrete block production   concrete block   Cutoff, U - RoW	38.52179	kg CO2 eq
> 24.65%	Working machine, Excavator (skid steer)	30.25288	kg CO2 eq
> 10.52%	reinforcing steel production   reinforcing steel   Cutoff, U - RER	12.91448	kg CO2 eq
> 01.59%	Transport, semi trailer, 40 t, full, (average), FI	1.94649	kg CO2 eq

Perustusten tuotannon aikaiset ilmastovaikutukset per neliömetri ovat noin 123 kg CO<sub>2</sub>-ekv., joka vastaa noin 586 kilometrin henkilöautolla ajoa Suomessa<sup>3</sup>. Betonin valmistuksen aiheuttamat ilmastovaikutukset ovat noin 31,9 % ja betoniharkkojen valmistuksen osuus noin 31,4 % kokonaisilmastovaikutuksista per neliömetri. Kaivurin käytön ilmastovaikutukset per neliömetri ovat noin 24,7 %, teräsosien 10,5 % ja raaka-aineiden kuljetuksen osuus noin 1,6 % ilmastovaikutuksista.

**Taulukko 10.** Koko Ekotalon tuotannon ilmastovaikutukset.

Contribution	Process	Amount	Unit
100.00%	Lapiomies Oy_Juhontalo	9908.30417	kg CO2 eq
> 30.96%	Lapiomies Oy_perustukset	3067.85919	kg CO2 eq
> 25.27%	Lapiomies Oy_lattia	2503.46912	kg CO2 eq
> 23.47%	Lapiomies Oy_yläpohja	2325.45537	kg CO2 eq
> 15.83%	Lapiomies Oy_seinä	1568.72049	kg CO2 eq
04.47%	Electricity production, Finland	442.80000	kg CO2 eq

Koko talon tuotannon aikaiset ilmastovaikutukset ovat arvioinnin mukaan noin 9908 CO<sub>2</sub>-ekv. Tämä vastaa noin 66 % suomalaisen keskimääräisistä kulutuslähtöisistä kasvihuonekaasupäästöistä vuodessa<sup>4</sup>.

Rakentajalta saatujen toteutuneiden kustannusten mukaan seinärakenteen materiaalit maksavat 34 euroa per neliömetri, koko talossa on 94 m<sup>2</sup> eli kustannukset yhteensä 3196 euroa. OpenLCA-ohjelmiston kustannuslaskenta antaa tulokseksi 2694,6 euroa (taulukko 11) eli 84 % toteutuneisiin kustannuksiin verrattuna. Lattiarakenteen osalta toteutuneet kustannukset olivat 28,34 euroa per neliömetri, koko talossa on 122 m<sup>2</sup> eli kustannukset yhteensä 3457,5 euroa. OpenLCA-ohjelmiston tuloksena saatiin 4365,7 euroa (126 % toteutuneisiin kustannuksiin verrattuna). Laskentaohjelmiston antamia kustannuksia voidaan pitää suuntaa-antavina (lattian ja seinän osalta 106 % toteutuneisiin kustannuksiin verrattuna). Kustannuksista tullaan tekemään vielä tarkempaa analyysiä EAKR-hankkeen edetessä.

**Taulukko 11.** Ekotalon raaka-aineiden kustannukset OpenLCA-ohjelmiston mukaan.

Contribution	Process	Amount	Unit
▲ -100.00%	Lapiomies Oy_Juhontalo	-1.61469E4	EUR
> -16.69%	Lapiomies Oy_seinä	-2694.64666	EUR
> -26.90%	Lapiomies Oy_yläpohja	-4342.93767	EUR
> -27.04%	Lapiomies Oy_lattia	-4365.71394	EUR
> -29.38%	Lapiomies Oy_perustukset	-4743.60677	EUR

## 4 Yhteenveto tuloksista ja toimenpide-ehdotukset

Koko talon tuotannon aikaiset ilmastovaikutukset ovat arvioinnin mukaan noin 9908 CO<sub>2</sub>-ekv. Tämä vastaa noin 66 % suomalaisen keskimääräisistä kulutuslähtöisistä kasvihuonekaasupäästöistä vuodessa<sup>4</sup>. Rakentajan antaman arvion perusteella mitoituksen optimointi ja rakennustapa säästävät noin 10 % materiaalien tarvetta verrattuna ns. perinteiseen rakentamiseen. Lisäksi perustusten osalta tämän talon rakennustavan myötä ilmastovaikutukset ovat pienemmät verrattuna täysbetonisilla perustoilla varustettuihin taloihin.

Nykyisin olemassa olevien rakennusten osalta rakentamisen ja rakennustuotteiden valmistuksen päästöjen arvioidaan olevan noin 10–20 % elinkaaren päästöistä ja passiivitasoisissa rakennuksissa 20–40 %<sup>5</sup>. Käytön aikainen kulutus ja asumistottumukset sekä huoltotarpeet aiheuttavat siis suuren osan koko elinkaaren aikaisista päästöistä. Käytön aikaisia vaikutuksia ei huomioitu tässä arvioinnissa.

<sup>4</sup> Sironen S., Mäenpää I., Myllyviita T., Leskinen P., Seppälä J. (2015) Pohjois-Karjalan materiaalivirrat ja resurssitehokkuus. Pohjois-Karjalan materiaalivirrat ja resurssitehokkuus -hankkeen loppuraportti. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 30/2015.

<sup>5</sup> Pekka Hänninen (2014) Ekologisesti kestävä pientaloasuminen. 13 pientalon vertailu. Ympäristöministeriön raportteja 20/2014.

**Huomio!** Arvioinnin tulokset perustuvat yrityksen toimittamiin inventaariotietoihin arvioitavasta prosessista. Raportti on tarkoitettu käytettäväksi tutkimus- ja tuotekehitystehtäviin ja yrityksen päätöksenteon tueksi. Raporttia ei saa käyttää markkinointitarkoituksiin tai suoraan kommunikointiin kuluttajien kanssa, sillä näitä tarkoituksia varten tulee tehdä ISO-standardin mukainen, yksityiskohtaisempi elinkaariarviointi.



S Y K E



Euroopan unioni  
Euroopan aluekehitysrahasto

Vipuvoimaa  
EU:lta  
2014–2020



Elinkeino-, liikenne- ja  
ympäristökeskus



Teolliset symbioosit –  
toimintamalli Suomessa

 **NAVITAS**  
YRITYSPALVELUT



Iisalmen  
**TEOLLISUUSKYLÄ** Oy



**SAVONIA**  
AMMATTIKORKEAKOULU