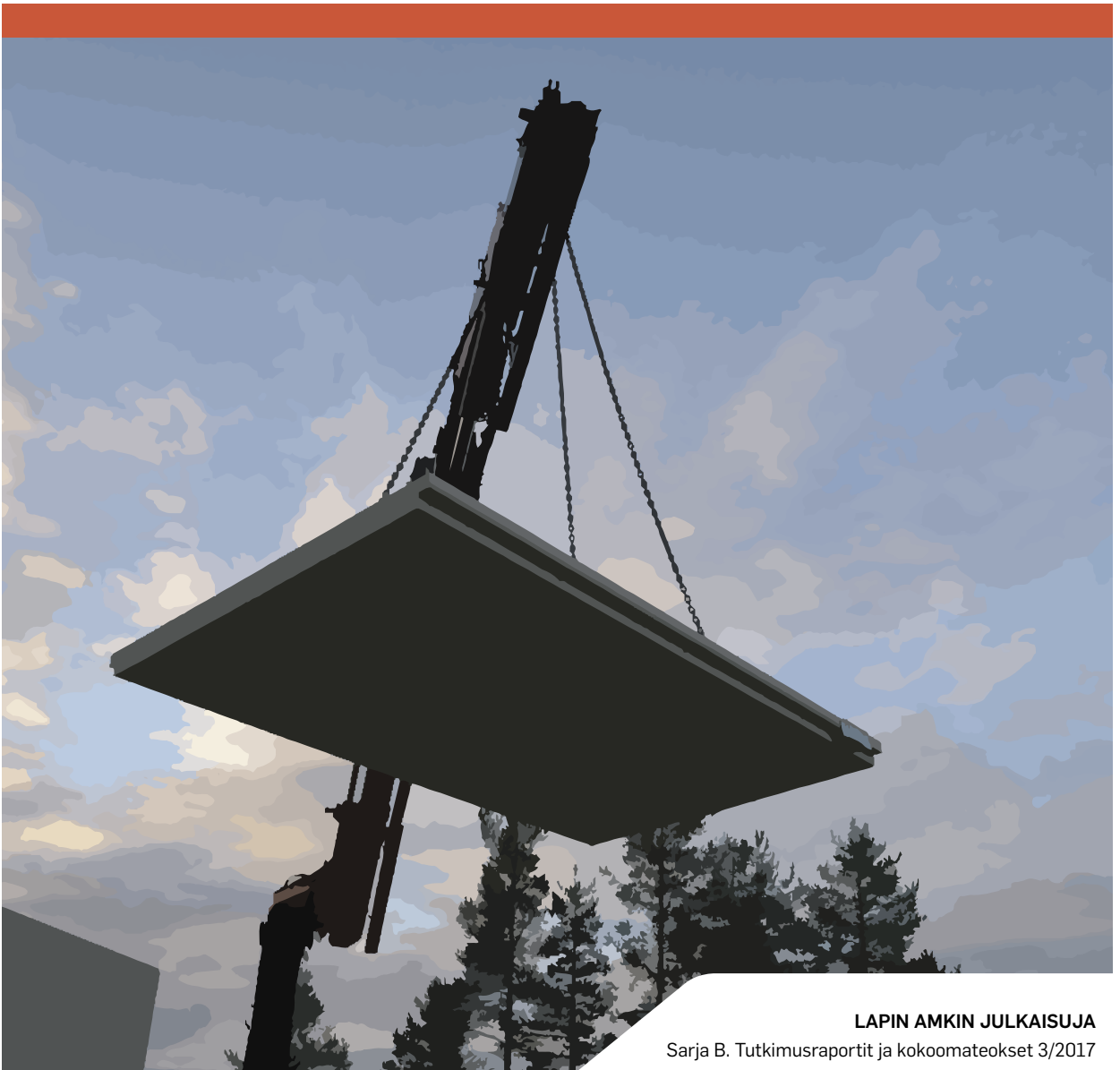


# CLT – monipuolinen, nopea ja ekologinen rakennusmateriaali





**CLT – monipuolinen, nopea ja ekologinen rakennusmateriaali**



Antti Sirkka • Valtteri Pirttinen (toim.)

# **CLT – monipuolinen, nopea ja ekologinen rakennusmateriaali**

Sarja B. Tutkimusraportit ja kokoomateokset 3/2017

© Lapin ammattikorkeakoulu ja tekijät

ISBN 978-952-316-168-9 (nid.)

ISSN 2489-2629 (painettu)

ISBN 978-952-316-169-6 (pdf)

ISSN 2489-2637 (verkkajulkaisu)

Lapin ammattikorkeakoulun julkaisuja  
Sarja B. Tutkimusraportit ja kokoomateokset  
3/2017

Rahoittajat: Euroopan aluekehitysrahasto, Digipolis,  
Lapin ammattikorkeakoulu

Kirjoittajat: Mikko Vatanen, Tytti Ahoranta, Antti  
Sirkka, Valtteri Pirttinen

Toimittajat: Antti Sirkka, Valtteri Pirttinen

Kansikuva: Antti Niemelä, Janette Mäkipörhölä

Taitto: Janette Mäkipörhölä, Lapin AMK, viestintä-  
yksikkö

Lapin ammattikorkeakoulu  
Jokiväylä 11 C  
96300 Rovaniemi

Puh. 020 798 6000  
[www.lapinamk.fi/julkaisut](http://www.lapinamk.fi/julkaisut)

Lapin korkeakoulukonserni



Lapin korkeakoulukonserni LUC  
on yliopiston ja ammattikorkeakoulun strateginen yhteenliittymä.  
Konserniin kuuluvat Lapin yliopisto  
ja Lapin ammattikorkeakoulu.  
[www.luc.fi](http://www.luc.fi)

# Sisällys

Tytti Ahoranta, Mikko Vatanen, Valtteri Pirttinen & Antti Sirkka

<b>ESIPUHE</b>	7
----------------	---

Antti Sirkka, Valtteri Pirttinen & Tytti Ahoranta

<b>CLT RAKENNUSMATERIAALINA</b>	11
Valmistus	11
CLT:n ominaisuudet	12
Teollinen puurakentaminen	13
CLT-elementtitekniikka	14

Valtteri Pirttinen

<b>CLT SUUNNITTELUPROSESSI</b>	17
Johdanto	17
CLT-rakennusten suunnittelu	18
Tietomallinnus osana CLT-rakentamista	20
Rakennusten palomitoitus	24

Antti Sirkka & Tytti Ahoranta

<b>CLT TYÖMAATOIMINTA</b>	31
Johdanto	31
Työmaan logistiikka, vastaanotto ja varastointi	32
Elementtien nostaminen	33
Tiivistys, kiinnitys ja tuenta	36
Rakentamisvaiheen kosteudenhallinta	40

Valtteri Pirttinen & Antti Sirkka

<b>KESTÄVÄ PUURAKENTAMINEN</b>	43
Johdanto	43
Kestävän rakentamisen määritelmä	44
CLT – ekologinen vaihtoehto	46

Mikko Vatanen

<b>CLT-RAKENTAMINEN JA YMPÄRISTÖSERTIFIOINNIT</b>	.49
Tarve ympäristösertifioinneille.	50
CLT-rakentamisen edut LEED-sertifiointijärjestelmässä	51
CLT-rakentamisen edut BREEAM-sertifiointijärjestelmässä	54
Yhteenveto.	57

Antti Sirkka & Valtteri Pirttinen

<b>CLT-TOIMIJOITA JA REFERENSSEJÄ SUOMESSA</b>	.59
CLT -toimijoita Suomessa	59
Referenssikohteita Suomessa	60

<b>KIRJOITTAJAT.</b>	.65
----------------------	-----



# Esipuhe

Ilmastonmuutos ja huoli ympäristöstä ovat lisänneet uusiutuvien luonnonvarojen kysyntää ja käyttöä maailmanlaajuisesti. Ilmastonmuutoksen ehkäisemisestä johtuvat vaatimukset rakentamisen resurssitehokkuudesta sekä rakennustuotteiden vähähiilisydestä ja kierrätettävyydestä ovat omalta osaltaan vauhdittaneet puurakennetöiden kehittämissä. Uusiutuvana raaka-aineena puu on noussut yhdeksi potentiaalisimmista materiaaleista maailmassa.

Puurakentaminen on Suomessa ollut yleisin tapa toteuttaa rakennuksen runko pientalo-kohteissa. Puurakenteisten pientalojen suuren markkinaosuuden vuoksi on jopa arvioitu, että tällä sektorilla kasvupotentiaalia ei juurikaan enää ole. Sen sijaan suurimittakaavaisessa teollisessa rakentamisessa puurakentamisella on mahdollisuuksia saavuttaa nykyistä vahvempi asema markkinoilla. (Karjalainen M. 2014)

Kerrostalo- ja muuhun nopeaan rakennustuotantoon soveltuvista massiivipuurakenteista nopeimmin on yleistynyt CLT (Cross Laminated Timber). Se on massiivipuulamelleja ristiinliimaamalla rakennuksen kantavaksi rakenteeksi jalostettu tuote. Pääsääntöisesti CLT:stä valmistetaan runkolevyjä suurelementteinä, jotka työstetään asennusvalmiiksi detaljeineen. Mahdollisimman tehokasta asuntotuotantoa varten CLT-levyt kootaan ja varustellaan yleensä sisustuksia myöten valmiiksi tilaelementeiksi. CLT:n käyttö on nopeasti yleistynyt, vaikka koko toteutusprosessi aina suunnittelusta rakennuksen viimeistelyyn asti vaatii uudet soveltuvat menetelmät. CLT-levyjä valmistetaan mm. seuraavissa maissa: Itävalta, Sveitsi, Saksa, Iso-Britannia, Ruotsi, Norja, Latvia, Suomi, Espanja, Kanada ja USA. (Tolppanen, J.; Karjalainen Markku; Lahtela Tero; & Viljakainen, M. 2013)

Tämä artikkelikokoelma toteutettiin Future possibilities for CLT (Nya möjligheter för CLT) -hankkeessa. Future possibilities for CLT (FCLT) -hanke toteutetaan Interreg Pohjoinen EAKR-rahoitteisena tutkimusprojektina, jossa ovat mukana Luulajan tekninen yliopisto, Ruotsin tekninen tutkimus-instituutti (SP), Centria AMK, Digipolis Oy ja Lapin AMK. Hanke on käynnistynyt syyskuussa 2015 ja kestää toukokuuhun 2018. Pääasiallisenä tavoitteena on edistää CLT:n monipuolista käyttöä sekä lisätä tietoutta CLT-rakentamisen mahdollisuuksista Interreg Pohjoinen-alueella. Kuvassa 1 esitellään FCLT-hankkeen toimijoiden roolit.

ORGANISAATIO	ROOLI HANKKEESSA
<b>LTU (Luulajan tekninen yliopisto)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Koodrinaatio</li> <li>&gt; Rakenne- ja liitossuunnittelun ratkaisut</li> <li>&gt; CLT-innovaatioverkoston kokoaminen</li> <li>&gt; FEM-simulaatiot</li> </ul>
<b>SP (Technical Research Institute)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Tuotetestaus</li> <li>&gt; Käyttöluokkatarkastelut</li> <li>&gt; CLT:n käyttö ulkorakenteessa</li> </ul>
<b>Lapin AMK</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Rakentamisprosessi</li> <li>&gt; CLT-suunnitteluprosessissa</li> <li>&gt; CLT työmaatoiminnassa</li> <li>&gt; Huipputehokas rakentaminen</li> </ul>
<b>Digipolis</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Hajautettu CLT-tuotantomalli</li> <li>&gt; CLT-innovaatioverkoston kokoaminen</li> </ul>
<b>Centria AMK</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; CLT:n pintakäsittely</li> <li>&gt; Yhdistelmä rakenteet</li> <li>&gt; Nopeat prototyypit</li> </ul>

**Kuva 1.** Osapuolten roolit FCLT-hankkeessa

Lapin AMKin koordinoiman työpaketin vastuulla on tuottaa hankkeelle ja sidosryhmille tietoa CLT-rakentamisen suunnittelu- ja työmaaprosesseista sekä kestävään rakentamiseen liittyvistä tarkasteluista. Työpaketin tehtävissä analysoidaan alueen rakennussektorin toimijoiden nykyisiä käytäntöjä ja luodaan tietoperustan ja nykytilan pohjalta esimerkinomaisia ”CLT -integraatiostrategioita” yhteistyössä pilottiyrittäjien kanssa. Näiden lisäksi arvioidaan CLT:n etuja rakentamisen tehokkuustarkasteluissa, joita ovat esimerkiksi erilaiset ympäristövaikutusten arviointiin kehitetyt menetelmät. Tulosten perusteella esitetään esimerkkejä siitä, miten erilaiset yritykset voisivat integroida CLT-rakentamista omaan toimintaansa.

Tässä artikkelikokoelmassa tuodaan esille CLT-rakentamisen kasvupotentiaalia ekologisenä vaihtoehtona rakennussektorilla. Artikkeleissa käsitellään CLT:tä rakennusmateriaalina, suunnittelun näkökulmasta, työmaatoiminnan kannalta sekä CLT-rakentamisen ympäristövaikutuksia. Kestävä rakentaminen on myös CLT-elementtirakentamiseen tiivistä liittyvä argumentti, jonka huomioon ottaminen on tärkeää nyt ja tulevaisuudessa. Teoksen loppuun on kerätty CLT –toimijoita ja referenssi kohteita Suomesta. Tämä tietoperusta on tarkoitettu jaettavaksi kaikille rakennusalan toimijoille, jotka ovat kiinnostuneita CLT:n mahdollisuuksista rakennusmateriaalina. Lapin ammattikorkeakoulun TKI-toiminnassa on tuotettu myös CLT-koulutusmateriaali, jossa on hieman teknisempää tietoa CLT:n käytöstä.

FCLT -hankkeessa syksyllä 2016 toteutettu haastattelututkimus CLT-toimijoille antaa kuvan CLT-rakentamisen nykytilasta ja tulevaisuuden näkymistä. Haastattelututkimuksen tavoitteena oli hankkeessa aiemmin kerätyn tietoperustan laajentaminen ja täydentäminen tätä julkaisua varten. Haastattelututkimuksessa haettiin vastauksia ensisijaiseen tutkimuskysymykseen: *Millaisia kokemuksia eri toimijoilla on CLT-ra-*

*kentamisestä?* Tutkimukseen osallistui yhteensä 18 CLT-rakentamisen parissa työskentelevää ammattilaista. Haastattelututkimuksessa esiin nousseiden teemojen pohjalta luotiin toimintastrategioiden kokonaisuus, jonka otsikoksi muodostui *Rakenna CLT:stä*. Haastattelututkimuksen perusteella voidaan todeta, että CLT:llä on positiivinen imago ja se nähdään hyvin potentiaalisena ekologisena vaihtoehtona tulevaisuuden kestävässä rakentamisessa. Puu koetaan arvokkaana materiaalina ja näyttävänä pintana, joka vaikuttaa positiivisesti sisäympäristön laatuun. Aktiivista viestintää tarvitaan erityisesti alan osaamisesta ja referenssikohteista.

CLT -rakentamiseen liittyviä tutkimuksia on myös aiemmin toteutettu Digipolis Oy:n, ammattiopisto Lappian ja Lapin ammattikorkeakoulun yhteisessä hankkeessa. Tietoa massiivipuulementtirakentamisen erityispiirteistä on saatu Lappian oppimisympäristön tuotannon ja tuotekehityksen sekä CLT-koetalon rakennusfysikaalisten mittausten seurantatutkimusten avulla. Vierailut tuotantolaitoksissa ja työmailla, osallistuminen alan koti- ja ulkomaisiin seminaareihin ja konferensseihin sekä perehtyminen CLT-rakentamista koskevaan kirjalliseen ja kuvalliseen aineistoon ovat omalta osaltaan vaikuttaneet ja antaneet lisätietoa nopeasti globaalistikin yleistyvää massiivipuulementtirakentamisesta.

CLT on tulossa vauhdilla myös hirsitalotuotantoon. Painumattomuutensa ansiosta CLT-hirrellä pystytään toteuttamaan yhä vaativampia rakennuskohteita, mahdollisesti jopa kerrostaloja. CLT:n integroimisessa nykyisiin rakennustapoihin voidaan soveltaa olemassa olevia puurunkoisten elementtien tai suurten betonielementtien asennuksessa käytettäviä menettelytapoja. On helpompaa hankkia tai käyttää sellaisia laitteita ja nostoissa tarvittavia varusteita, joita on kehitetty tämänkaltaista rakennustoimintaa varten ja sovellettu toimialalla aikaisemminkin.

## LÄHTEET

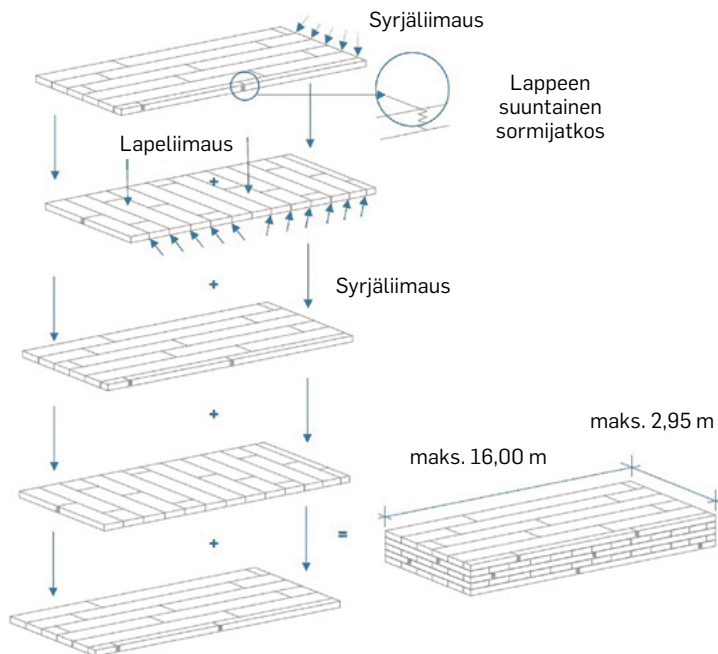
- Karjalainen, M. 2014. Puuinfo. Puurakentamisen asema ja mahdollisuudet Suomessa. Viitattu 15.2.2017 <http://www.puuinfo.fi/puutieto/puurakentaminen/puurakentamisen-asema-ja-mahdollisuudet-suomessa>
- Tolppanen, J.;Karjalainen Markku;Lahtela Tero;& Viljakainen, M. 2013. Suomalainen puukerrostalo - Rakenteet, suunnittelu ja rakentaminen. Helsinki: Opetushallitus



# CLT rakennusmateriaalina

## VALMISTUS

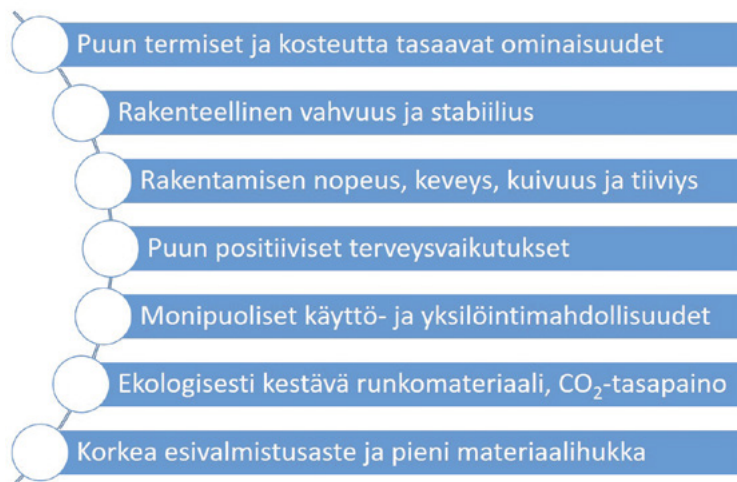
Massiivipuinen CLT-elementti muodostuu ristikkäin liimatuista puulevykerroksista, joiden ainevahvuus ja lukumäärä määrittävät elementin lujuuden ja vahvuuden (Kuva 1). CLT-levyt kootaan sahatavakerroksista eli lamellikerroksista, joiden väliin levitetään formaldehydivapaata liimaa. Reunaliimatussa (syrjäliimatussa) CLT:ssä myös sahatavaran syrjiin tulee liima. Liimauksen jälkeen levy siirretään puristimeen, jossa lamellikerrokset kiinnittyvät toisiinsa. Puristamisen jälkeen levyihin tehdään tarvittavat, elementtisuunnitelmien mukaiset työstöt, kuten esim. nurkka- ja saumaliitokset, ikkuna- ja oviaukot, LVISA-asennusten vaatimat roilotukset ja läpiviennit. CLT-levyjen koko voi vaihdella toimittajasta riippuen, mutta yleensä maksimipituus on 12 000 – 16 000mm, leveys 2 900 – 3 500mm ja paksuus 300 – 400 mm. (Crosslam 2014) (Hoisko CLT Finland 2016) (Stora Enso 2013)



**Kuva 1.** Viisikerroksisen CLT-levyn rakenne ja sormijatkos (Stora Enso 2013)

## CLT:N OMINAISUUDET

CLT-levyjä käytetään tyypillisesti rakennuksen vaipassa kuormitusta vastaanottavana runkoelementtinä. CLT soveltuu hyvin korkeiden yli 6-kerroksisten kerrostalojen rakentamiseen sekä esimerkiksi siltojen rakenteisiin. Esimerkkejä erilaisista toteutuksista on jo eri puolilla maailmaa. Nämä esimerkit toimivat hyvin todisteena tuotteen monipuolisesta käytettävyydestä. CLT:n etuja erityisesti keskikokoisten – 5-8 kerroksisten - talojen rakentamisessa on sen mittatarkkuus, helppo käsiteltävyys työmaalla ja korkea esivalmistusaste. Tällä saavutetaan merkittävä ajansäästö rakentamisen toteutuksessa rakennuspaikalla ja työmaakohtaisen varastointitilan tarve pienenee selvästi. (Gagnon S, P. C. 2011.) CLT-rakentamisen hyödyt on esitetty kuvassa 2.



**Kuva 2.** CLT-rakentamisen hyödyt (Crosslam 2014) (Hoisko CLT Finland 2016) (Stora Enso 2013)

CLT-levyillä voidaan tehdä kaikki kantavat maanpäälliset rakenteet (seinät, välipohjat ja katot). Välipohjarakenteena käytettäessä maksimijänneväli on käytännössä 6 m johtuen Suomessa käytettävistä värähtelymitoituskriteereistä. Kattorakenteissa sen sijaan voi olla pidempiäkin jännevälejä. CLT-levy toimii sekä kantavana että jäykistävänä rakenteena yhtä aikaa, jolloin erillistä jäykistävää rakennetta ei tarvita. Vaakaelementteinä voidaan CLT:n sijaan käyttää myös ripalaattarakennetta. Lisäksi CLT-elementtejä voidaan käyttää yhdessä muiden rakennusmateriaalien kanssa hybridirakenteina (mm. CLT-betoni, CLT-teräs). (Tolppanen, J.; Karjalainen Markku; Lahtela Tero; & Viljakainen, M. 2013.)

CLT-levy toimii rakenteellisena ilman- ja höyrinsulkuna, joten tarvetta erilliselle höyrinsululle ei ole. CLT-levy toimii myös omalta osaltaan lämmöneristeenä, jolloin lämmöneristeeksi riittää yleensä hieman muita runkotyyppisiä ohuempia kerroksia.

CLT:ssä kantavana rakenteena toimiva puu voidaan jättää joko näkyviin tai se voidaan peittää. Äänitekniset seikat ja palomääräykset vaativat kuitenkin vielä useimmissa tapauksissa suojalevytystä. Toiminnallisella palomitoituksella perustellen suojalevyt voidaan kuitenkin tapauskohtaisesti jättää pois, jolloin CLT-levy voidaan laadultaan tehdä myös pintaverhouksiin sopivaksi ja jättää näkyväksi pinnaksi. (Tolppanen, J.;Karjalainen Markku;Lahtela Tero;& Viljakainen, M. 2013.)

## TEOLLINEN PUURAKENTAMINEN

Puukerrostalojen rakentaminen on siirtynyt vahvasti kohti teollista rakentamista. Tällä hetkellä tarjolla oleville puurakentamisen järjestelmille on yhteistä pitkälle viety teollinen esivalmistus ja rakenteiden elementointi (Kuva 3.). (Puuinfo 2015)



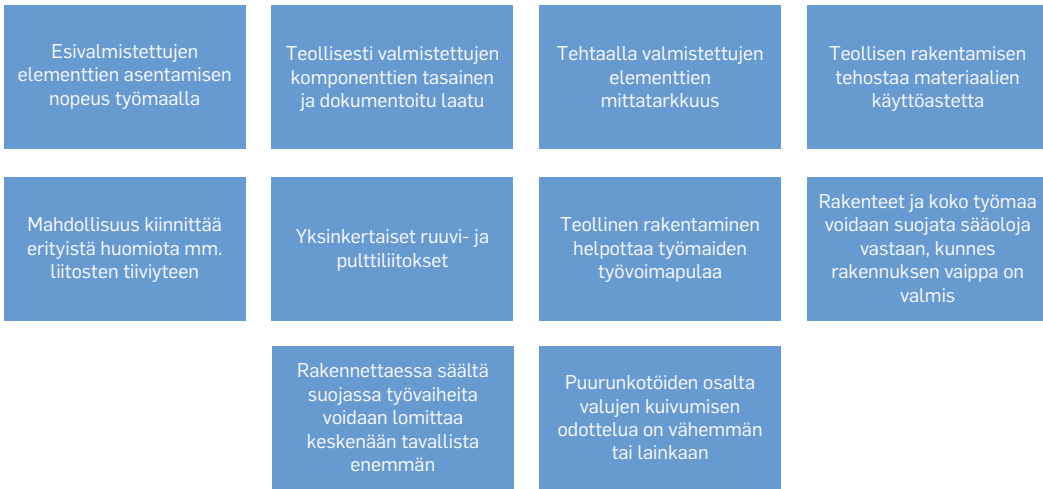
**Kuva 3.** Valmiita puisia suurelementtejä (Lapwall 2016)

Puu ja insinööripuutuotteet soveltuvat hyvin teolliseen rakennusosien valmistukseen mittatarkkuutensa, keveytensä, lujuutensa sekä helpon työstettävyytensä vuoksi. Keveytensä vuoksi suurikokoisetkin puuelementit voidaan kuljettaa ja nostaa paikoilleen järeää työmaanosturia keveämmillä autonostureilla ja kurottajilla. (Tolppanen, J.;Karjalainen Markku;Lahtela Tero;& Viljakainen, M. 2013.)

Teollinen järjestelmärakentaminen poikkeaa monin tavoin rakentamisen tavanomaisista käytännöistä rakentamisen ja suunnittelun näkökulmasta. Markkinoilla tällä hetkellä tarjolla olevat puurakennejärjestelmät perustuvat teollisesti pitkälle esivalmistettuihin suurikokoisiin valmisosiin. (Tolppanen, J.; Karjalainen Markku; Lahtela Tero;& Viljakainen, M. 2013.)

Teollisen puurakentamisen uudet menetelmät tuovat etuja suhteessa rakentamisen nykykäytäntöihin. Esivalmistettujen elementtien asentaminen on työmaalla nopeaa, jopa alle puolet tavanomaisesta vastaavan rakennuksen toteutukseen tarvittavasta työajasta. Ajan säästymiseen työmaalla vaikuttaa pitkälle viedyn esivalmistuksen li-

säksi, yksinkertainen liitostekniikka ja kuivat rakentamisolosuhteet. Tavanomaista lyhyemmän rakentamiseen tarvittavan ajan vuoksi, rahoituskulut jäävät pienemmiksi, myynti- ja vuokratuottoa aletaan saada aiemmin sekä projektikierto on nopeaa. Teollisen puurakentamisen edut on esitetty kuvassa 4. (Tolppanen, J.;Karjalainen Markku;Lahtela Tero;& Viljakainen, M. 2013.)



**Kuva 4.** Teollisen puurakentamisen edut. (Tolppanen, J.;Karjalainen Markku;Lahtela Tero;& Viljakainen, M. 2013.)

## CLT-ELEMENTTITEKNIikka

CLT -pienelementtitekniikka on käytetyistä elementtitekniikoista vähiten esivalmistusta hyödynnävä toteutustapa (Kuva 5). CLT-pienelementeillä tarkoitetaan CLT-levyä, johon on tehtaalla työstetty aukot ikkunoille ja oville sekä tarvittavat liitokset vierekkäisiin elementteihin kiinnittämistä varten. Pienelementtien leveys on yleensä 1 200 mm – 16 000 mm (riippuu valmistuslinjasta) ja korkeus 2 950 mm. Pienelementtejä käytetään paikallarakentamisessa, joten runkoelementteihin lisätään työmaalla rakenteen varusteet mm. eristeet, ikkunat ja ovet. (Tolppanen, J.; Karjalainen Markku; Lahtela Tero; & Viljakainen, M. 2013.)



**Kuva 5.** CLT-pienezlementti (Jalokivitalo 2016)



*CLT-suurelementillä*, josta myös käytetään nimitystä *CLT -tasoelementti*, tarkoitetaan CLT-levyä, joka on tehtaalla valmisteltu asennusvalmiiksi elementiksi (Kuva 6). Suurelementit käsittävät seinä-, alapohja, yläpohja- tai esimerkiksi parveke-elementtejä. Elementti varustellaan asiakkaan tarpeiden mukaisesti ja parhaimmillaan elementit ovatkin varusteltu valmiista sisäpinnasta aina ulkoverhoukseen asti. CLT-suurelementtejä voidaan käyttää kerrostaloissa, julkisrakennuksissa tai vaikkapa hoivakodeissa. Työmaalle saapuessa suurelementit ovat asennusvalmiita. (Elementti Sampo 2017)

*CLT-tilaelementtijärjestelmässä* elementit ovat itsenäisiä tehtaalla valmistettuja pitkälle esivalmistettuja lohkorakenteita. Työmaalla tilaelementit liitetään toisiinsa nopeasti, jonka vuoksi työmaavaihe lyhenee huomattavasti verrattuna esim. paikalla rakentamiseen. Tilaelementit ovat yleensä kaikilta sisäpinnoiltaan valmiiksi tehtyjä moduuleja. Tavallisesti elementteihin on valmiiksi asennettu myös ikkunat, ovet, kiintokalusteet sekä LVISA-varusteet. (Tolppanen, J.; Karjalainen Markku; Lahtela Tero; & Viljakainen, M. 2013.) Kuvassa 7 esitellään CLT-tilaelementtirakentamista.

Tilaelementtirakentamisen kannalta on eduksi, että samankaltaisten moduulien tuotantosarjat olisivat mahdollisimman suuria. Näillä pitkillä tuotantosarjoilla saavutetaan suurin taloudellinen hyöty. Tilaelementit soveltuvat erityisesti asuntokohteisiin sekä asuntoloihin ja hotelleihin, joissa on paljon samanlaisia huonetiloja ja huoneistojen toteutukseen tarvittavien erilaisten moduulien määrä on pieni. (Tolppanen, J.; Karjalainen Markku; Lahtela Tero; & Viljakainen, M. 2013.)

Tilaelementtien tehokas käyttö edellyttää, että elementtien valmistusmitat on otettu huomioon tilaratkaisuissa. Tilaelementtien suunnittelun yhteydessä on otettava huomioon myös niiden kuljetuksen asettamat rajoitukset. Erityisesti huomiota on kiinnitettävä kuljetuksen ja asennuksen aikaiseen jäykkyyteen sekä elementtien sääsuojuukseen. (Tolppanen, J.; Karjalainen Markku; Lahtela Tero; & Viljakainen, M. 2013.)



**Kuva 6.** CLT- suurelementti (Stora Enso 2013)



**Kuva 7.** CLT-tilaelementti rakentaminen (Pinterest 2016)

## LÄHTEET

- Crosslam 2014. CLT-tuote. Viitattu 9.1.2017 <http://www.crosslam.fi/tuote.html>
- Elementti Sampo 2017. Tulevaisuuden rakentaja. Viitattu 11.1.2017 <http://www.elementtisampo.fi/>
- Gagnon S, P. C. 2011. CLT Handbook. Québec: FPInnovations.
- Hoisko CLT Finland 2016. Hoisko CLT Finland. Viitattu 9.1.2017 <http://www.hoisko.fi/fi/clt-rakentamisen-kumppani/>
- Jalokivitalo 2016. Rakennetaanko puu- vai kivitalo? Viitattu 8. 12 2016 <http://www.jalokivitalo.fi/saksalaista-tekniikkaa/puu-vai-kivitalo-seinarakenteella-on-valia#CLT>
- LapWall 2016. Puuelementtejä puuta säästäen. Viitattu 8. 12 2016 <http://www.lapwall.fi/puurakentaminen/puuelementteja-puuta-saastaen-2.html>
- Pinterest 2016. Modular construction. Viitattu 8. 12 2016 <https://www.pinterest.com/pihlasuomela/clt/>
- Puuinfo 2015. RunkoPES 2.o. Viitattu 8.12.2016 <http://www.puuinfo.fi/suunnitteluohjeet/runkopes-2o>
- Stora Enso 2013. CLT - Cross Laminated Timber. Viitattu 8. 12 2016 <http://www.clt.info/fi/tuote/>
- Tolppanen, J.;Karjalainen Markku;Lahtela Tero;& Viljakainen, M. 2013. Suomalainen puukerrostalo - Rakenteet, suunnittelu ja rakentaminen. Helsinki: Opetushallitus

# CLT suunnitteluprosessi

## JOHDANTO

Tässä artikkelissa kuvataan CLT-rakentamisen suunnitteluprosessia. Future possibilities for CLT –hankkeen vuonna 2016 toteuttamassa haastattelututkimuksessa kerättiin tietoa CLT-rakentamisesta Suomessa ja yhtenä teemana oli CLT suunnitteluprosessissa. Haastattelututkimuksessa haastateltiin yhteensä 5 CLT rakennuksia suunnittelevia toimijoita. Kuvassa 1 esitetään haastattelututkimuksen yhteydessä koostettu avainsanapilvi. Avainsanapilven sanojen kokoon vaikutti niiden esiintyvyys haastatteluaineistossa. Hankkeessa aikaisemmin julkaistussa *CLT-rakentamisen nykytila ja tulevaisuus Suomessa – haastattelututkimuksessa* esitetään tarkemmin tutkimuksen tulokset.



**Kuva 1.** Avainsanapilvi haastattelututkimuksen teemasta CLT suunnitteluprosessissa

# CLT-RAKENNUSTEN SUUNNITTELU

## Yleistä

Suunnittelun näkökulmasta puun käyttö runkorakenteena antaa sekä vapauksia että rajoitteita, jotka suunnittelijan tulisi tuntea. Runkomateriaalin sijaan tärkeimmät asunosuunnitteluun vaikuttavat tekijät ovat asumisesta lähtevät tarpeet ja rakennuksen kaupunkikuvaan vaikuttavat lähtökohdat. Nämä tarpeet tulee pystyä toteuttamaan valitulla järjestelmällä luontevasti. Järjestelmää, joka asettaa liikaa teknisiä tai taloudellisia rajoitteita, ei kannata valita. (Tolppanen, J.;Karjalainen Markku;Lahtela Tero;& Viljakainen, M. 2013.)

Tärkeimpiä puurakennejärjestelmien suunnitteluun vaikuttavia tekijöitä ovat:

- Välipohjien avulla saavutettavat jännemitat ja niistä johtuva kantavien linjojen tarve. Puurunkoisilla välipohjilla saavutettavat jännemitat ovat normaalitapauksissa enintään 6-7 metriä (Taulukko 1).

**Taulukko 1.** Yleisimpien puurakenteisten välipohjien enimmäisjännemitoja (Tolppanen, J.;Karjalainen Markku;Lahtela Tero;& Viljakainen, M. 2013.)

Välipohjatyyppi	Välipohjan kokonaispaksuus[mm]	Jänneväli [m]
Ripalaatta	450-500-550-600	5-6-7-8
<b>CLT</b>	<b>400-450</b>	<b>5-6</b>
Puubetoniliittolaatta	450-500-550-600	5-6-7-8

- Jännemittojen vuoksi kantavia linjoja on useampia, kuin esimerkiksi betonirakenteisissa ontelolaattataloissa.
- Rakenteiden paksuudet poikkeavat totutusta. Hyvin ääntä eristävän puurakenteisen huoneiston väliset seinät ja välipohjat ovat perinteisiä betonirakenteita paksumpia. Sen sijaan energiatehokkaat puurakenteiset ulkoseinä rakenteet voivat olla vastaavan tehokkuuden omaavia betonirakenteita ohuempia.
- Kantavien linjojen tyyppi ja sijoittelu sekä rakenteiden paksuudet vaikuttavat rakennuksesta saatavaan hyötypinta-alaan ja huone ja/tai kerroskorkeuteen. Huoneiston sisäisiä kantavia seiniä on hyvä yleensä välttää palomitoitusvaatimusten ja hyötypinta-alan laskentaperiaatteiden vuoksi.
- Puurakenteita liitettäessä esimerkiksi betonisiin porraskorkeuksiin tai muurattuihin julkisivuihin, tulee ottaa huomioon eri rakenteiden mahdolliset painumaerot. Liitokset on suunniteltava siten, että ne sallivat rakenteiden erilaiset painumat ja korkeusasemat niin, että ne painuman jälkeen asettuvat oikeisiin tasoihin ja täyttävät asunosuunnitteluohjeiden vaatimukset

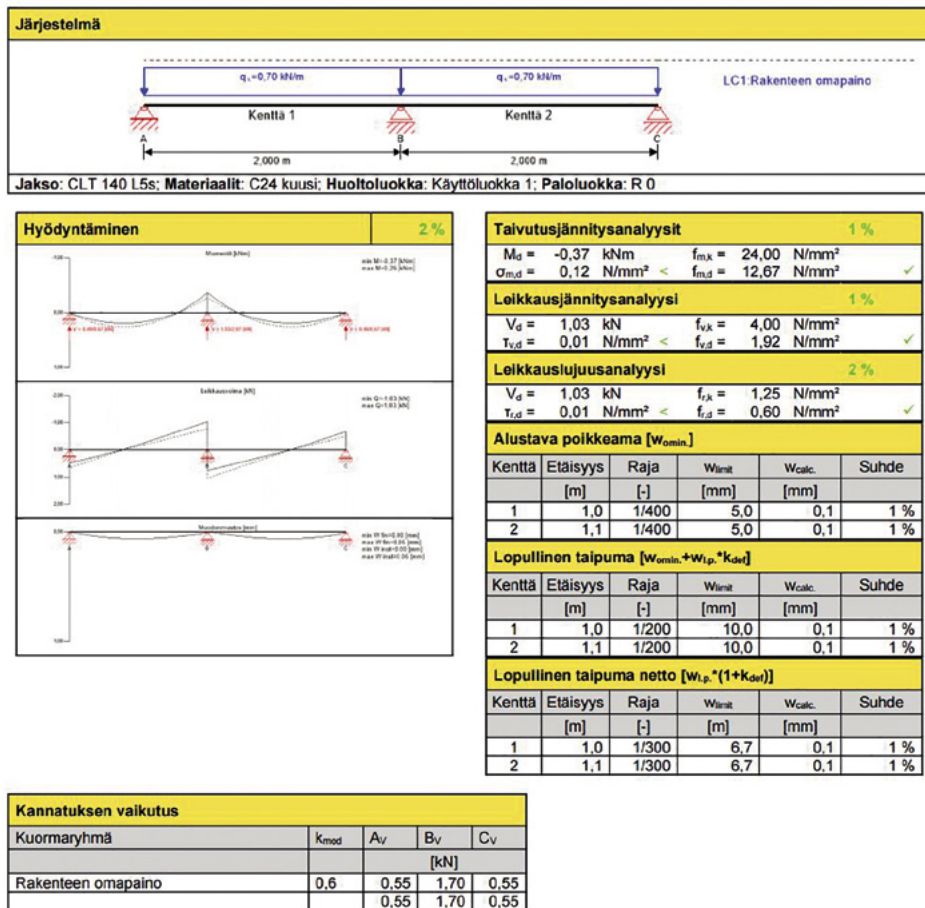
kulkureittien kynnysten enimmäiskorkeuksista. (Tolppanen, J.;Karjalainen Markku;Lahtela Tero;& Viljakainen, M. 2013.)

CLT-rakentaminen alkoi Euroopassa jo muutama vuosikymmen sitten ja suunnittelussa on käytetty useita eri menetelmiä. Osa suunnittelussa käytetyistä laskentatavoista perustuu kokeellisiin testeihin ja osa laskentatavoista ovat analyttisiä. Muut laskentatavat sisältävät sekä kokeellisia että analyttisiä lähestymistapoja mallitestaukseen perustuen. Euroopassa eniten CLT-rakenteiden suunnittelussa käytetty teoria on mekaanisesti liitettyjen palkkien teoria. Mekaanisesti liitettyjen palkkien teoria löytyy Eurokoodi 5 Puurakenteiden suunnittelun liitteestä, B. Teoria esittelee tehollisen jäykkyyden konseptin ja liitosyötysuhde kertoimen ( $\gamma_i$ ), jonka avulla otetaan huomioon pystysuoran kerroksen leikkausmuodonmuutos. Kertoimen  $\gamma$  arvolla 1, tarkoitetaan kokonaan liimattua lamellien välistä liitosta ja  $\gamma$ :n arvolla 0, liitosta jota ei ole kiinnitetty ollenkaan. Kyseinen teoria tarjoaa ratkaisun vain sinimuotoisesti kuormitettujen ja yksinkertaisesti tuettujen palkkien/paneelien ratkaisemiseksi tarkoitettuun differentiaaliyhtälöön. Kuitenkin erot tarkan ratkaisun ja pistekuormien tai tasaisesti jakautuneen kuorman välillä on minimaalinen ja hyväksyttävä insinöörin laskentojen kannalta. (Gagnon S, P. C. 2011.)

CLT-levyjen valmistajien sivuilta löytyy valmiita mitoituskortteja CLT-rakenteiden mitoitukseen sekä mitoitusohjelmia. Muun muassa Stora Enso on julkaissut ilmaisen laskentapalvelun CLT-rakenteiden mitoitukseen. Mitoitusohjelma löytyy sivulta <https://calculatis.clt.info/>, ohjelman käyttäminen vaatii rekisteröitymisen. Mitoitusohjelmassa käyttäjä voi mitoittaa seuraavia tilanteita:

- Jatkuvan palkin suunnittelu
  - CLT-levy, puupalkki
  - Teräspalkki
  - Ruodepalkkisto
  - Puu-betonikomposiittilattia
  - Levy
- Pilarianalyysit
  - CLT-levy
  - Puupalkki
  - Teräspalkki
- Seinän suunnittelu
- Ylätunnisteanalyysit
- Sekalaiset analyysit
  - Jaksoanalyysi
  - Jäykkä membraanianalyysi
  - Kantavuuden painon analyysi (Stora Enso 2017)

Ohjelmassa haluttuun suunnittelutilanteeseen täytetään tarvittavat tiedot, kuten rakenteen mitat, kuormat, käyttöluokat ja suunnittelussa huomiotavat tekijät. Sivuilta löytyy myös kattava ohjekirja, jossa käsitellään ohjelman käyttöä. Ohjelmasta saadaan tulokset tulostettuna pdf-muodossa (Kuva 2). (Stora Enso 2017)

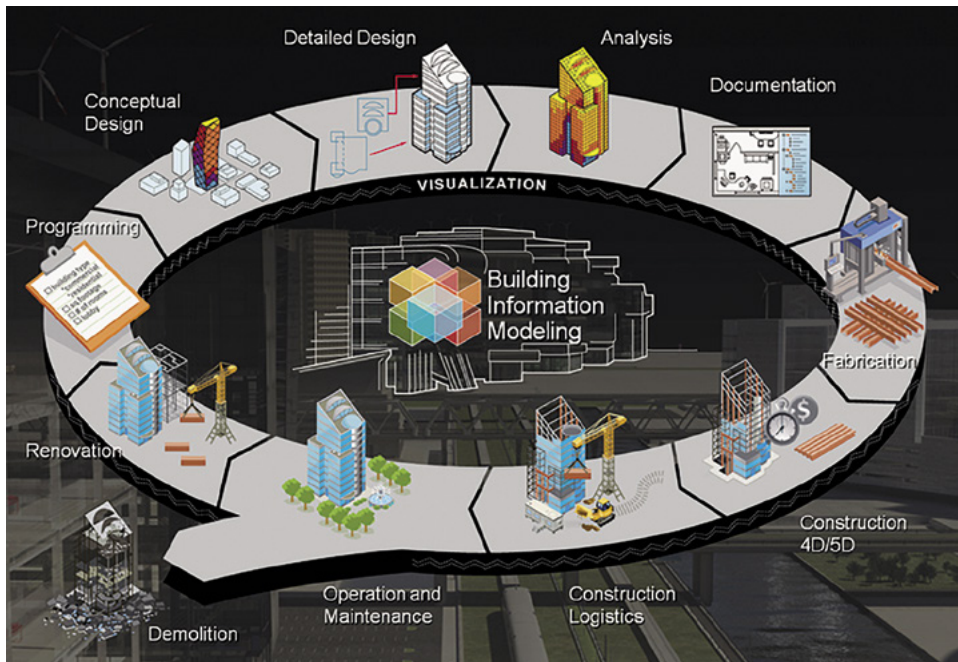


Kuva 2. Stora Enson CLT-Calculatis esimerkkituloste (Stora Enso 2017)

## TIETOMALLINUS OSANA CLT-RAKENTAMISTA

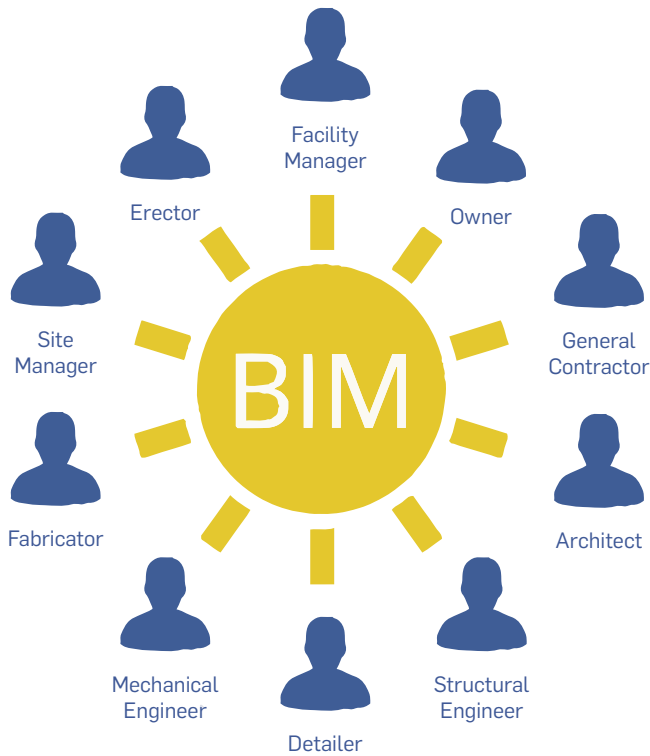
Tietomallinnuksella tarkoitetaan rakennuksen ja rakennusprosessin koko elinkaaren aikaisten tietojen kokonaisuutta digitaalisessa muodossa. Tietomallin tarkoituksena on koota kaikki tarvittava tieto rakennuksesta yhteen samaan malliin. Kukin yksittäinen tieto tallennetaan malliin ja näitä tietoja voi hyödyntää koko suunnittelu- ja toteutusketju aina ylläpitoon saakka. Tietomallinnus mahdollistaa myös erilaisten analyysien ja simulointien tekemisen hankkeen varhaisessa vaiheessa. Simuloinneil-

la ja analysoinneilla voidaan muun muassa tarkistaa rakenteiden oikeaoppinen toiminta ja verrata eri ratkaisuiden vaikutuksia rakennuksen toimintaan, esim. energia-analysit. (Rakennusinsinööriliitto 2017) Kuvassa 3 esitellään tietomallinnuksen työnkulku.



**Kuva 3.** Yleiskuva tietomallinnuksesta (Williams J. 2015)

Rakennuksen tietomalli eli BIM (Building Information Model) on siis rakennuksen koko elinkaaren käsittävä tietojen kokonaisuus yhden mallin muodossa digitaalisesti. Tiedonsiirto tietomallinnuksessa toteutetaan käyttämällä IFC-tiedostomuotoa. IFC eli Industry Foundation Classes on avoin valmistajariippumaton tiedostomuoto, joka mahdollistaa rakennusosapohjaisen tiedonsiirron CAD-ohjelmien välillä (Kuva 4). Suunnittelijaosapuolet laativat omat tietomallinsa käyttäen IFC-tiedostomuotoa, jonka jälkeen tuotetaan yhdistelmämalli rakennushankkeen käyttöön. Yhdistelmämallissa voidaan tarkistaa eri osapuolten suunnitelmia törmäystarkasteluiden avulla.



**Kuva 4.** BIM työympäristö (Tekla 2017)

Tietomalli on siis yhteinen informaatioperusta, jolle suunnitelmat rakennetaan. (Micro Aided Design 2013) (Tekla 2017)

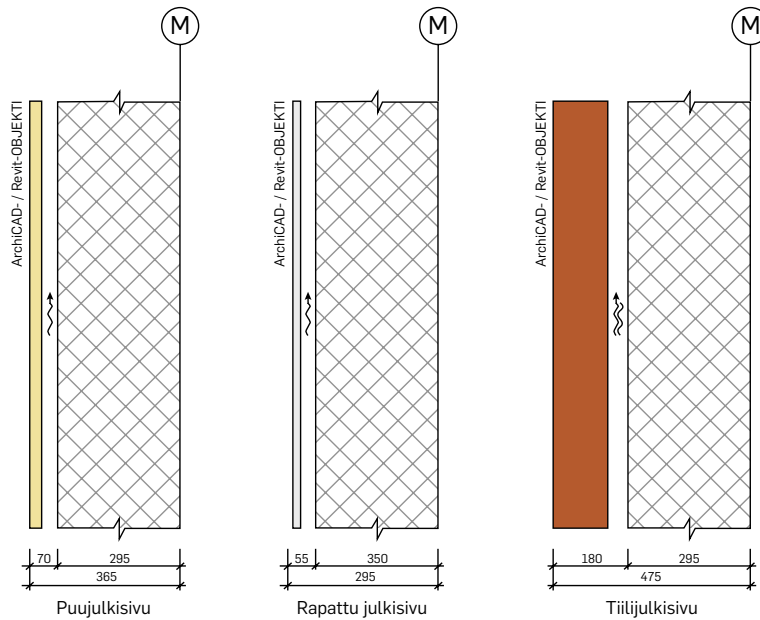
Kuten muillekin materiaaleille myös CLT:lle löytyy valmiita mallikirjastoja, joita voidaan käyttää tietomallipohjaisessa suunnittelussa. Suomessa on myös kehitetty avoimen teollisen puuelementtirakentamisen standardi RunkoPES, joka määritelmillään vakioi puuelementtirakentamista asuntotuotannossa. RunkoPES-suunnitteluperiaatteet soveltuvat käyttötarkoituksesta riippumatta eri rakennuksiin pientaloista kerrostaloihin voimassa olevien rakentamismääräysten mukaisesti. RunkoPES vakioi muun muassa rakennepaksuudet, liittymien geometrian ja moduuliviivastojen sijainnin, jonka avulla pääsuunnittelijoiden on mahdollista muodostaa rakennuksen runko jo suunnittelun alkuvaiheessa, riippumatta tulevasta elementtitoimittajasta. RunkoPES löytyy kokonaisuudessaan puuinfon sivuilta, josta voi myös ladata P2-paloluokan puurakenteisen asuinkerrostalon rakenneobjektikirjaston ArchiCAD- ja Revit-ohjelmistolle (Kuva 5). (Puuinfo 2012)



## KANTAVA TAI EI -KANTAVA ULKOSEINÄ

Paloteknisesti 3...4 krs. / max 4 puukerrosta

U-arvo 0,17 W/m<sup>2</sup>K



Julkisivun tyyppi	Rakenteen nimi objektiluettelossa
Puu	US4P4U17_365P
Rappaus	US4P4U17_350R
Tiili 130 mm	US4P4U17_475T

**Kuva 5.** Esimerkki rakenneobjekti RunkoPES: Kantava tai ei-kantava ulkoseinä (Puuinfo 2013)

Erityistä CLT:lle tietomallinnuksessa on sen hyödynnettävyys siirrossa työstökoneille. CLT-elementin vaatimat työstötiedot (esim. ikkuna-aukot) saadaan siirrettyä suoraan mallista työstökoneen ohjelmistoon. Kuvassa 6 esitetään Lappian CLT-oppimisympäristön projektipäällikön, Matti Yliniemen laatima CLT-elementtien kulkukavio suunnittelijan pöydältä työstökoneelle.



**Kuva 6.** CLT-elementtien työstötekniikka (Yliniemi M. 2015)

## RAKENNUSTEN PALOMITOITUS

### Palomääräykset

Suomen rakentamismääräyskokoelman osa E1 uudistettiin 15.4.2011. Määräysten uudistukset mahdollistavat puurunkoisten ja puulla verhottujen kerrostalojen rakentamisen taulukkomitoituksella P2-luokassa aina kahdeksaan kerrokseen saakka. Määräyksissä uutta ovat ns. kaupunkipientalot, joilla tarkoitetaan 3-4 kerroksisia taloja, joissa kaikki kerrokset ovat samaa asuinhuoneistoa. Näitä kaupunkipientaloja koskevat P2-luokaisen puukerrostalon määräykset lukuun ottamatta automaattista sammutusjärjestelmää. Uudistetut palomääräykset mahdollistavat puun käytön D-s2, d2 – luokkaisena myös P2-luokan kivikerrostalojen julkisivuissa aina neljään kerrokseen saakka sekä myös silloin, kun talo on varustettu automaattisella sammutusjärjestelmällä aina kahdeksaan kerrokseen saakka RakMK E1:n edellytyksin. Enintään seitsemänkerroksisiin betonikerrostaloihin voidaan rakentaa puurunkoinen ja puujulkisivuinen lisäkerros ilman automaattista sammutusjärjestelmää. Lisäkerroksessa voidaan käyttää D-s2, d2 – luokan puumateriaaleja niin kantavissa rakenteissa, sisäpinoissa kuin julkisivuverhouksissa. Sisäpinnat on suojattava K2 – luokan suojaverhouksin. (Tolppanen, J.; Karjalainen Markku; Lahtela Tero; & Viljakainen, M. 2013.)

Palomääräysten edellytykset P2-luokkaiselle puurunkoiselle kerrostalolle:

- Yli 2 kerroksiset puukerrostalot tulee varustaa automaattisella vesisammutusjärjestelmällä.

- 3-4 kerroksiset asuinrakennukset varustettava vähintään SFS-5980-standardin 2-luokan mukaisella automaattisella sammutusjärjestelmällä.
- 5-8 kerroksiset asuinrakennukset varustettava vähintään SFS-EN 12845-standardin OH-luokan vaatimustason mukaan. Asuinrakennusten sammutuslaitteisto tulee myös varustaa varmennetulla vesilähteellä.
- 3-4 kerroksiset asuinrakennuksen tulee varustaa myös OH-luokan automaattisella sammutusjärjestelmällä, mikäli puurunkoisen kerrostalon sisäpinnat halutaan verhoilla puulla.
- P2-luokkaisen 3-8 kerroksisen työpaikkarakennuksen automaattisen sammutusjärjestelmän tulee myös olla OH-luokkaa.
- 3-4 kerroksiset rakennukset eivät saa ylittää 14 metrin räystäskorkeutta, eivätkä 5-8 kerroksiset 26 metrin.
- Kantavien rakenteiden luokkavaatimus on 60 minuuttia (R 60).
- Osastoivien rakenteiden tiiviys ja eristävyys luokkavaatimus on 60 minuuttia (EI 60).
- Parvekkeiden kantavien rakenteiden luokkavaatimus on 30 minuuttia (R 30) ja parvekelaatan osastoivuusvaatimus 30 minuuttia (EI 30).
- Kellarikerroksen kantavat rakenteet on tehtävä vähintään A2-s1, do-luokan tarvikkeista.
- Rakennuksen eristeiden ja muiden täytteiden tulee olla vähintään luokkaa A2-s1, do.
- Sisäpintojen ja pintojen suojaverhosten luokkavaatimuksista löytyy tarkemmat tiedot RakMK E1. (Tolppanen, J.;Karjalainen Markku;Lahtela Tero;& Viljakainen, M. 2013.)

Ennakkotietojen mukaan puukerrostaloalan toimijoille on tulossa helpotuksia vuonna 2017 julkaistavassa uudistetussa paloturvallisuusasetuksissa (E1). Uuden asetuksen myötä muun muassa puupintoja on mahdollista jättää näkyviin aiempaan helpommin. Uusi asetus tulee voimaan vuoden 2018 alusta alkaen. (Lehtinen T. 2016)

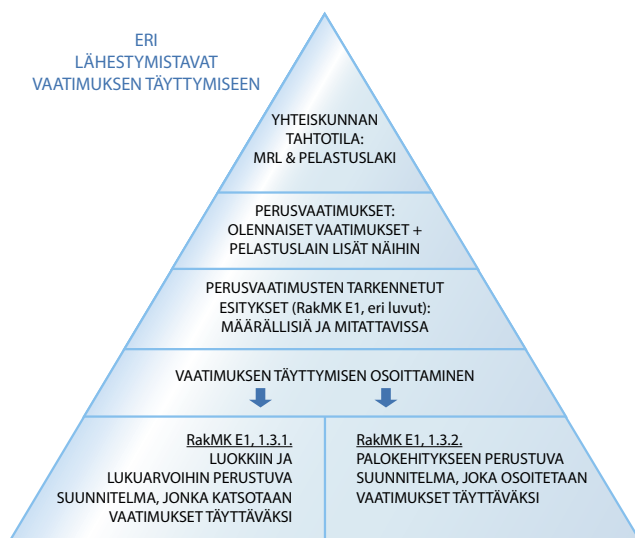
## Toiminnallinen palomitoitus

Oletettuun palonkehitykseen perustuva toiminnallinen paloturvallisuussuunnittelu on kansallisessa ja eurooppalaisissa määräyksissä hyväksytty suunnittelumenetelmä, jolla varmistetaan rakennuksen paloturvallisuus. Toiminnallinen palomitoitus ottaa huomioon *aktiiviset ja passiiviset* palontorjuntamenetelmät sekä rakennuksen yksilölliset ominaisuudet, kuten tilojen korkeudet ja geometrian. Aktiivisia palontorjuntamenetelmiä ovat esimerkiksi automaattinen sammutuslaitteisto ja paloilmaisin, rakenteellinen suojaus edustaa passiivista palontorjuntaa. (Puuinfo 2015)

Toiminnallisessa palomitoituksessa määritellään kohdekohtaisesti todenmukaiset arvot tekijöille, jotka vaikuttavat kohteen paloturvallisuuteen. Näiden arvojen avulla voidaan muodostaa realistinen käsitys mahdollisen palon aikaisista tapahtumista ja

ottaa huomioon eri tekijöiden vaikutukset henkilöiden ja rakenteiden turvallisuuteen. (Puuinfo 2015)

Toiminnallisella palomitoituksella saavutetaan vähintään yhtä hyvä turvallisuustaso kuin RakMK E1 taulukkomitoituksella. Yleiset taulukkomitoitukseen perustuvat säännöt rajoittavat muun muassa puun käyttöä kantavissa rakenteissa sekä näkyville jäävissä pinoissa (sisäseinät ja -katto). (Puuinfo 2015) Kuvassa 7 esitetään lähestymistavat palovaatimusten täyttämisen osoittamiseksi.



**Kuva 7.** Lähestymistavat palovaatimusten täyttämisen osoittamiseksi (Puuinfo 2015)

Suomen Rakentamismääräyskokoelman osassa E1, kohdassa 1.3 todetaan olennaisen paloturvallisuusvaatimusten täyttyvän, mikäli rakennus suunnitellaan E1:ssä esitettyjen paloluokkien ja lukuarvojen avulla tai vaihtoehtoisesti rakennus suunnitellaan ja rakennetaan oletettuun palonkehitykseen perustuen. Kohdetta suunniteltaessa taulukkoarvoja käyttämällä, ei kaikkia kohteen ominaisuuksia pystytä ottamaan huomioon. Taulukkomitoitus onkin joskus kankea, eikä se aina sovellu kovin hyvin nykyaikaiseen monimuotoiseen rakentamiseen. Taulukkomitoitus soveltuu riittävän hyvin pientalojen, perusmuotoisten pienehköjen hallien sekä tavanomaisten kerrostalojen palomitoitukseen. Sen sijaan monimuotoisissa kohteissa ja erityisesti puurakenteiden kohdalla toiminnallinen palomitoitus on osoittautunut erittäin toimivaksi suunnittelumenetelmäksi. Toiminnallisen palomitoituksen avulla voidaan ottaa oikealla tavalla huomioon esimerkiksi automaattisen sammutuslaitteiston toiminta ja tehokkuus sekä sammutuslaitteiston ja savunpoiston yhteisvaikutus. (Puuinfo 2015)

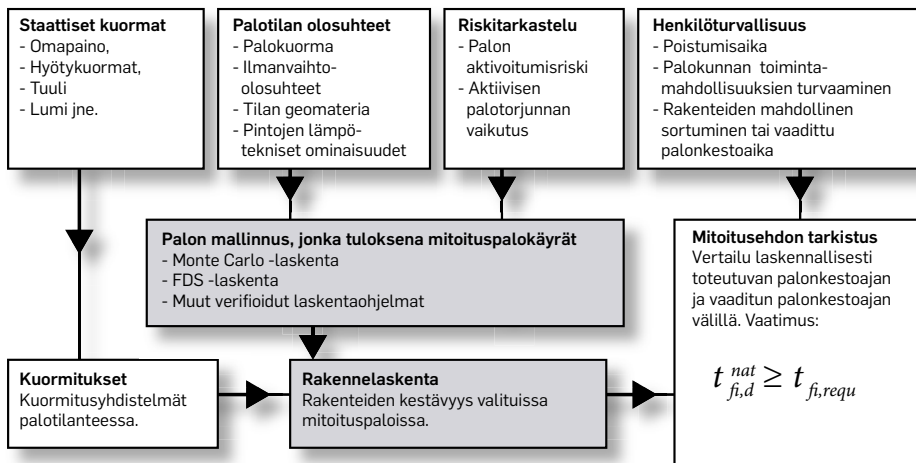
Toiminnallista palomitoitusta käytettäessä ei noudateta RakMk E-osien taulukkoarvoja. Mitoitus lähtee paloturvallisuuden olennaisista teknisistä vaatimuksista.

(Outinen J. 2009) RakMK E1, kohdassa 1.2 esitetään seuraavasti paloturvallisuuden olennaisen teknisen vaatimuksen osa-alueet:

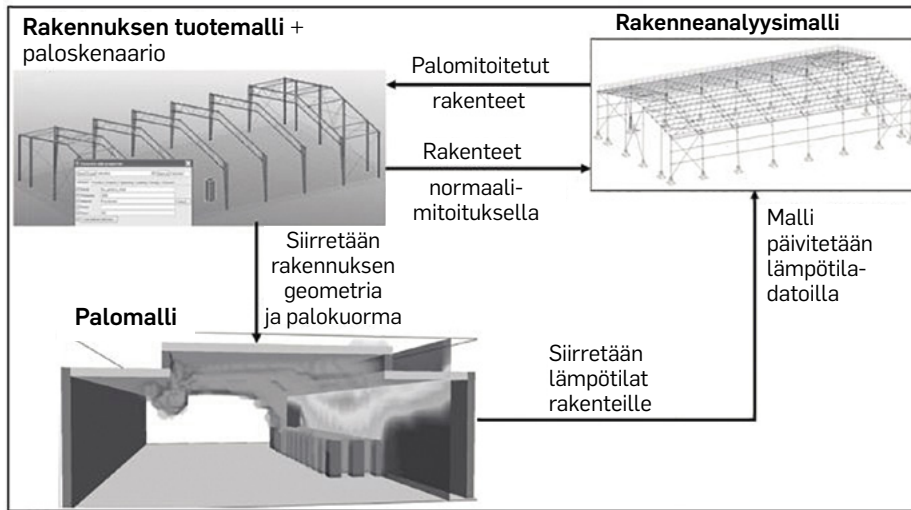
- ”rakennuksen kantavien rakenteiden tulee palon sattuessa kestää niille asetetun vähimmäisajan;”
- ”palon ja savun kehittymisen ja leviämisen rakennuksessa tulee olla rajoitettua;”
- ”palon leviämistä lähistöllä oleviin rakennuksiin tulee rajoittaa;”
- ”rakennuksessa olevien henkilöiden on voitava palon sattuessa päästä poistumaan rakennuksesta tai heidät on voitava pelastaa muulla tavoin;”
- ”pelastushenkilöstön turvallisuus on rakentamisessa otettava huomioon.”

Toiminnallisessa palomitoituksessa määritetään kohteen todennäköiset uhat ja mitoituspalot, tehdään riskianalyysi ja laskennallinen tarkastelu lämpötilojen kehittymisestä, savunmuodostuksesta sekä poistumisturvallisuudesta. (Puuinfo 2015)

Rakenteiden toiminnallisen palomitoituksen suunnittelusta on tehtävä yhteistyötä eri suunnitteluosapuolien kesken. Erityisesti rakennesuunnittelijan ja paloteknisen suunnittelijan sekä rakennus- ja pelastusviranomaisten on toimittava yhteistyössä erityisesti lähtötietoja määrittäessä (Outinen J. 2009). Kuvassa 8 esitetään toiminnallisen palomitoituksen suunnitteluprosessi ja kuvassa 9 esitetään Natural Fire Design – projektissa kehitetty ohjelmistojen yhteistoimintamalli.



**Kuva 8.** Toiminnallisen palomitoituksen suunnitteluprosessin kulku (Outinen J. 2009)



**Kuva 9.** Natural Fire Design- projektissa kehitetty ohjelmistojen yhteistoimintamalli (Outinen J. 2009)

## LÄHTEET

- Gagnon S, P. C. 2011. CLT Handbook. Québec: FPInnovations.
- Lehtinen T. 2016. Simplyfying the Norms – Wood Construction, Forum Wood Building Nordic 15.-17.6.2016. Ympäristöministeriö. Viitattu 13.1.2017 <http://forum-woodnordic.com/wp-content/uploads/2015/09/B4.1-Teppo-Lehtinen.pdf>
- Micro Aided Design 2013. IFC – IFC-tiedonsiirto. Viitattu 10.1.2017. [http://www.mad.fi/tiedostot/pdf/kasikirja16/YS.IFC\\_web.pdf](http://www.mad.fi/tiedostot/pdf/kasikirja16/YS.IFC_web.pdf)
- Outinen J. 2009. Rakenteiden toiminnallinen palomitoitus. Rautaruukki Oyj. Viitattu 16.1.2017 <http://www.spek.fi/loader.aspx?id=c326c4cf-6bc0-4a14-9c39-81d06acb4365>
- Puuinfo 2012. RunkoPES – Puuelementtirakentamisen uusi avoin teollisuusstandardi. Viitattu 11.1.2017 <http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/RunkoPES.pdf>
- Puuinfo 2013. RunkoPES 2.0 ArchiCAD- ja Revit-objektit. Viitattu 11.1.2017 [http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/rakentaminen/suunnitteluohjeet/runkopes-20/runkopes\\_2\\_o\\_archicad\\_revit\\_objektit\\_2.pdf](http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/rakentaminen/suunnitteluohjeet/runkopes-20/runkopes_2_o_archicad_revit_objektit_2.pdf)
- Puuinfo 2015. Puukerrostalon palosuunnitteluohje – toiminnallinen suunnittelu. Viitattu 16.1.2017. [http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/2.7.13.%20Puukerrostalon%20palosuunnitteluohje%20-%20toiminnallinen%20suunnittelu\\_20151020\\_final.pdf](http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/2.7.13.%20Puukerrostalon%20palosuunnitteluohje%20-%20toiminnallinen%20suunnittelu_20151020_final.pdf)
- Rakennusinsinööriliitto 2017. Tietomallinnus. Viitattu 10.1.2017 <http://www.ril.fi/fi/alan-kehittaminen/tietomallinnus.html>
- Stora Enso 2017. Calculatis. Viitattu 12.1.2017 <https://calculatis.clt.info/>
- Tekla 2017. Trimble kannattaa avointa tietomallia (Open BIM). Viitattu 11.1.2017 <https://www.tekla.com/fi/tietoa-meist%C3%A4/open-bim>

- Tolppanen, J.;Karjalainen Markku;Lahtela Tero;& Viljakainen, M. (2013). Suomalainen puukerrostalo - Rakenteet, suunnittelu ja rakentaminen. Helsinki: Opetushallitus
- Williams J. 2015. BIM – Sorry, but One Size Fits No One! Viitattu 10.1.2017 <http://www.builtworlds.com/news/2015/8/5/bimone-size-fits-no-one>
- Yliniemi M. 2015. Tietomallinnuksen merkitys rakennusten suunnittelussa ja CLT-tuotannossa. Ammattiopisto Lappia. Viitattu 11.1.2017 <http://www.kiintopuu.fi/media/kiintopuu/tietomallinnuksen-merkitys-rakennusten-suunnittelussa-ja-clt-tuotannossa.pdf>





# CLT työmaatoiminta

## JOHDANTO

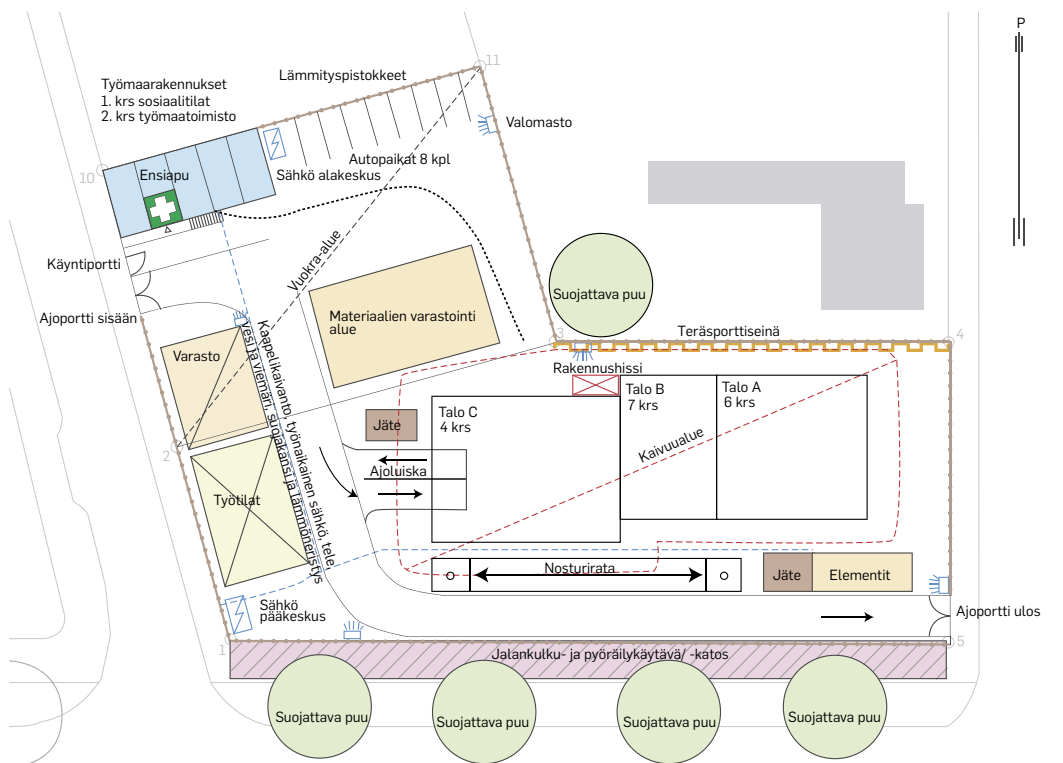
Tässä artikkelissa kerrotaan CLT-rakentamisen työmaatoiminnasta. Artikkelissa kuvataan CLT-rakentamisen erikoispiirteitä ja esitellään yleisimpiä toimintatapoja. Future possibilities for CLT -hankkeen vuonna 2016 toteuttamassa haastattelututkimuksessa kerättiin tietoa myös työmaatoiminnasta ja haastateltiin yhteensä 6 CLT-runkoisten rakennusten toteutuksessa mukana ollutta urakoitsijaa. Haastattelututkimuksella saatiin vahvistettua aiempaa käsitystä CLT-rakentamisesta. Sen todettiin olevan hyvin samankaltaista toisiin elementtirakennusjärjestelmiin verrattuna ja tärkeimmäksi huomionkohteeksi rakentamisessa nousi riittävästä sääsuojauksesta huolehtiminen. Haastattelututkimuksen teemasta 4: ”Huomioid rakentamisvaiheen perusteella” muodostettu avainsanapilvi on esitetty kuvassa 1.



**Kuva 1.** Avainsanapilvi haastattelututkimuksen teemasta ”Huomioid rakentamisvaiheen perusteella”

## TYÖMAAN LOGISTIIKKA, VASTAANOTTO JA VARASTOINTI

Aluesuunnitelma on kirjallinen esitys siitä, miten työmaatoiminnot sijoitetaan rakennuspaikalla. Elementtirakentamisessa on erityisen tärkeää, että elementtien kuljetuskaluston liikkuminen työmaa-alueella on järjestetty jouhevaksi. Lisäksi on otettava huomioon elementtien varastointipaikat ja nostokalusto. (Rakennustietosäätiö 2007)



**Kuva 2.** Esimerkki runkotyövaiheen aluesuunnitelmasta. (Rakennustietosäätiö 2007)

Ennen asentamisen aloittamista on tärkeää varmistaa, että CLT-kuorma ja nosturi voidaan ajaa tontille ongelmitta (tiet, ajoväylät tontilla, riittävästi pysty- ja vaakasuoraa tilaa, siltojen kantokyky, ilmakaapelit). Mahdollista erikoiskuljetusta varten viranomaisluvut on annettava etukäteen, jotta toimitus saadaan työmaalle ajallaan. CLT-levyjen tilauksessa on mainittava lastausjärjestys sekä otettava huomioon työmaan aikataulus. Kuormassa on max. 50 m<sup>3</sup> / 25 t CLT-levyjä. Levyt on varastoitu tehtaalla pysty- tai vaaka-asentoon ja asennusjärjestys pyritään ottamaan huomioon jo lastausvaiheessa. Kuljetuksessa levyt ovat yleensä vaaka-asennossa siten, että alimman kerroksen alla on riittävä määrä aluspuita ja ylemmät kerrokset ovat suoraan edellis-

ten päällä. Lyhyillä matkoilla levyt voidaan kuljettaa myös pystyasennossa A-tukiin nojaten. Mikäli CLT-levyjä ei asenneta suoraan kuljetuskaluston päältä paikoilleen rakennuksessa, ne välivarastoidaan ja suojataan toimittajan ohjeiden mukaisesti. CLT-levyt on suojattava suojamuovilla tai – pressuilla suoralta vesisateelta kuljetuksen ja asennuksen aikana sekä asennuksen jälkeen ennen, kuin suojaavat ulkoseinä- ja yläpohjarakenteet on asennettu. Nostoissa käytetään yleisesti ruuvi kiinnitteistä nostohakaa. Seinäelementtien nostoissa käytetään yleensä kahta ja ala-, väli- ja yläpohjaelementeissä neljää kiinnityspistettä. CLT-elementit pitää tarkastaa silmämääräisesti asennuksen tai välivarastoinnin yhteydessä, erityisesti näkyville jäävän pinnan osalta. Näkyviin jäävissä elementtikohteissa on syytä välttää veden aiheuttamia jälkiä ja muita ulkonäkövirheitä. CLT-elementtien tekniset ominaisuudet eivät kärsi lyhyestä kastumisesta. (Helamo, M. 2014) (Stora Enso 2013)

## ELEMENTTIEN NOSTAMINEN

CLT on rakentamisessa suhteellisen uusi massiivipuinen rakenne. Kokemusta sillä toteutettujen rakenteiden suunnittelusta, toteutuksesta ja toimivuudesta rakennuksen vaipan kantavana rakenteena ei vielä ole kovin paljon. Tästä johtuen myöskään teknistä dokumentaatiota suurten CLT:llä toteutettujen rakenteiden pystytyksestä on suhteellisen vähän saatavilla. Kookkaisiin betonilevyihin perustuvassa betonielementtirakentamisessa on samankaltaisuutta tämänhetkisiin CLT -rakentamistekniikoihin verrattuna. Koska betonielementtiteollisuudessa käytettäviä menetelmiä on kehitetty jo pitkään, on vaivattomampaa käyttää sen pohjalta kehitettyjä menetelmiä ja välineitä. (Gagnon S, P. C. 2011)

Yleensä CLT-levyt nostetaan suoraan kuljetusalustalta lopulliselle paikalleen rakennuksessa. Työmaalla täytyy olla riittävästi tilaa valmistelevia töitä varten ennen CLT-levyjen asentamista paikoilleen esim. levyjen nostojärjestykseen lajittelemista varten. Varustelemattomien runkoelementtien pystytys on harvinaista. Suomessa yleisin tapa on varustella CLT-levyt joko suur- tai tilaelementeiksi talotehtaalla ja asentaa ne paikoilleen rakennuksessa suoraan kuljetusalustalta ilman välivarastointia työmaalla. (Gagnon S, P. C. 2011)

Varastointipaikan alustan pitää olla riittävän tasainen ja kantava. Varastoitavien tarvikkeiden alle kannattaa varata riittävästi aluspuita. Perustuksen vieressä pitää olla riittävästi tilaa sekä elementtirekalle sekä nostoissa käytettävälle nosturille ottaen huomioon nosturin puomin pituuden ja nostokapasiteetin. Kuormaa purettaessa on kiinnitettävä tarkasti huomiota siihen, että kuorma pysyy tasapainossa. Pystyasennossa olevien CLT-levyjen kaatuminen on estettävä. Kuorman purkamista tuulisella ja sateisella säällä tulisi välttää. (Gagnon S, P. C. 2011)

Valmiin CLT-levyn nostomenetelmä valitaan levytyypin mukaisesti (pysty, vaaka) aina ennen työvaiheessa tarvittavaa nostoa. Nostoissa voidaan käyttää kertakäyttöisiä nostovarusteita (ruuvit, liinat). Yleisimmin CLT-levyjen nostoissa käytetään ruuvistonin (lukko) menetelmää (screw hoist system). Vastakierteellä kiinnittämiseen pe-

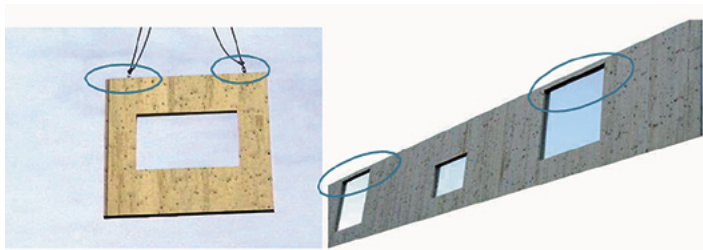
rustuvia nostotekniikoita on useita. Vaikka nämä menetelmät ovat yksinkertaisia ja tehokkaita vaativat ne tarkkaa kontrollia käytön aikana. Etuna tässä menetelmässä on se, että se ei vahingoita puupintaa silloin kun se on tarkoitus jättää näkyväksi pinnaksi. (Gagnon S, P. C. 2011)

Euroopassa laajasti käytössä oleva menetelmä perustuu ruuvi-nostin (ruuvi-haka) yhdistelmään, jota käytetään betonielementtituotannossa. Alkuperäisessä menetelmässä käytetään betoniin upotettuja ankkureita joiden ulkoneva pää mahdollistaa liittämisen nostorenkaaseen. Nostimen rullasalpa kiinnitetään CLT levyyn kiinnitettyjen itseporautuvien ruuvien kantoihin. Itseporautuvia ruuveja suositellaan käytettävän ainoastaan yhden kerran. Nostorenkaat pitää tarkastaa säännöllisesti turvallisuuden varmistamiseksi. Nostovarusteet voidaan kiinnittää joko levyn syrjälle tai lappelle. Sallitut kuormat kannattaa tarkastaa valmistajan teknisistä tiedoista ja käyttö- ja asennusohjeista. (Gagnon S, P. C. 2011)



**Kuva 3.** Ruuvi-haka CLT-levyn nostinyhdistelmä (Rothoblaas 2013)

Jos elementissä on isoja aukkoja, sitä nostettaessa on noudatettava erityistä huolellisuutta, jotta levyn ylä- tai alaosaa ei petä. Jos aukon ylä- tai alapäärre on hyvin ohut, se tulisi tukea noston ajaksi esim. sopivalla puutavaralla. (Stora Enso 2013)



**Kuva 4.** Nostokohtien huomioon ottaminen. (Stora Enso 2013)

Kaikista nostoista vastaa tehtävään valtuutettu nostourakoitsija, mukaan lukien tarvittavan kaluston valvonta ja tarkastukset (nosturi ja kaikki nostoapuvälineet). Työturvallisuus on kaikkien työmaalla työskentelevien vastuulla (= tiedonantovelvollisuus, velvollisuus varoittaa toisia vaaratilanteista). Nostotyöt tulee aina suunnitella huolellisesti. Nostosuunnittelu liittyy työmaan rakennustöiden turvallisuussuunnittelun rakennustyömaa-alueen käytön suunnitteluun sekä erilaisiin työkohtaisiin suunnitelmiin, kuten elementtien asennussuunnitelmaan. Nostosuunnitelma tehdään yleensä päätoteuttajan johdolla. Nostotyön suunnittelussa otetaan huomioon nostettavan kappaleen, nostoympäristön ja ulkoisten olosuhteiden sekä nostolaitteiden ja -apuvälineiden ominaisuudet. (Gagnon S, P. C. 2011)

Nostokohdat on aina tarkastettava. Rikkoutuneita seiniä (esim. murtumat, oksanreiät tai oksat nostokohdissa) ei saa missään tapauksessa nostaa. Työmaa- tai asennuspäällikkö tarkastaa vaurioituneet nostokohdat ja määrää tarvittavat muutokset. Usein riittää, että nostokohtaa siirretään. Väli- ja yläpohjalevyt nostetaan yleensä paikalleen neljästä kohtaa kiinnitettävän nostoruuvien ja siihen kiinnitettävän nostokoukun avulla. Nostoketjujen välinen kulma ei saa koskaan ylittää 90°; tämä pätee myös nostettaessa seinälevyjä vastaavasti kahdesta pisteestä. Ruuvien nostokapasiteetti riippuu suuresti nostokulmasta (=ruuvien kuormitussuunnasta), joten nostoruuvit pyritään poraamaan puuhun nostoketjujen suuntaisesti. Seinälevyjä nostettaessa on huomioitava, että nostoruuveja ei saa kiinnittää pystypuuhun, vaan ne on porattava CLT:n vaakasuuntaisiin lamellikerroksiin. Nostoruuvien kapasiteettitiedot saa valmistajalta. Yläpohjalevyjen nostossa ketjujen pituudet on säädettävä kattokulman mukaan sopiviksi. (Stora Enso 2013)



**Kuva 5.** Väli- ja yläpohjalevyjen nostot (Stora Enso 2013)

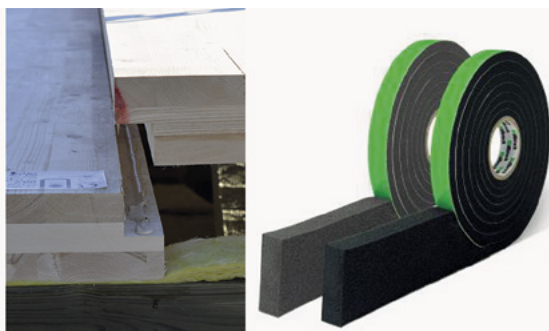


**Kuva 6.** Tilaelementtien nostaminen. (Puuinfo 2017)

## TIIVISTYS, KIINNITYS JA TUENTA

CLT-levyjen liitosten asennuksissa suositellaan käytettävän saumausnauhoja tai –massoja. Saumausnauhoilla ja –massoilla saadaan tehtyä tiiviitä rakenteita. Markkinoilta löytyy paljon erilaisia saumaustuotteita. CLT-rakentamisessa käytetään yleisesti mm. EPDM-kumitiivistettä, paisuvia tiivistenauhoja, elastisia polyuretaanivaahtoa ja elastisia tiivistysmassoja. Tiivistystuotteiden tärkein tehtävä on parantaa rakenteen ilmatiiveyttä, mutta ne myös toimivat omalta osaltaan lämmöneristeenä sekä sääsuojana ja ääneneristeenä. (Illbruck 2016)

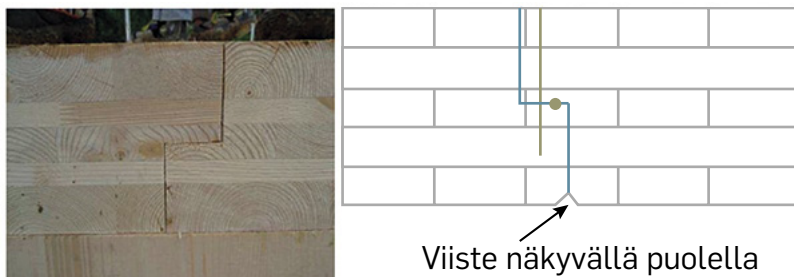
Tiivistysten tekeminen jälkikäteen teipin avulla on myös mahdollista, mutta voi olla aikaa vievää aiheuttaen lisäkustannuksia. Rakennesaumojen teippaaminen on kuitenkin suositeltavaa matalaenergiarakentamisessa saumojen ilmatiiveyden varmistamiseksi. (X-lam alliance 2014)



**Kuva 7.** Tiivistysmassa ja paisuva eristenauha. (Illbruck 2016)

### Ponttiliitos

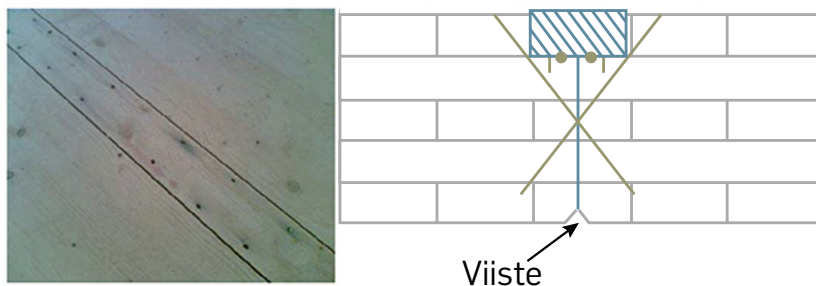
Ennen CLT-levyjen liitosta on varmistettava, ettei pontissa ole likaa tai sahanpurua. Liitos kiinnitetään puuruuveilla ja tiivistetään asianmukaisesti (tiivistenauhalla tai liimamassalla). (Stora Enso 2013)



**Kuva 8.** Ponttiliitos (Stora Enso 2013)

## Saumalevyliitos

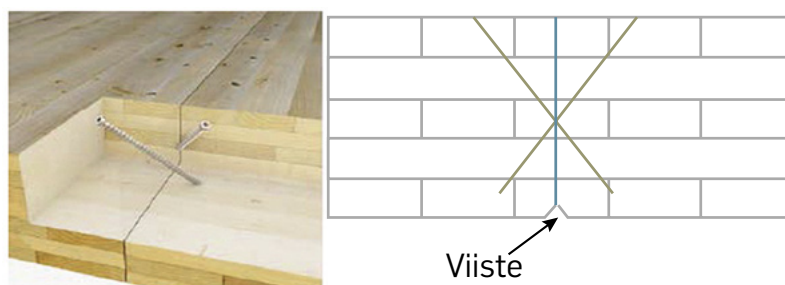
Saumalevy sovitetaan ja ruuvataan tai naulataan paikalleen. Liitos on tiivistettävä tiivistysnauhalla. Sovitusvirheiden välttämiseksi suositellaan levyjen kiinnittämistä toisiinsa vinoon asennetuilla täyskierrerruuveilla. Saumalevyliitos voidaan toteuttaa myös sisäpuolisia levyjä käyttäen. (Stora Enso 2013)



**Kuva 9.** Saumalevyliitos (Stora Enso 2013)

## Puskusaumaliitos

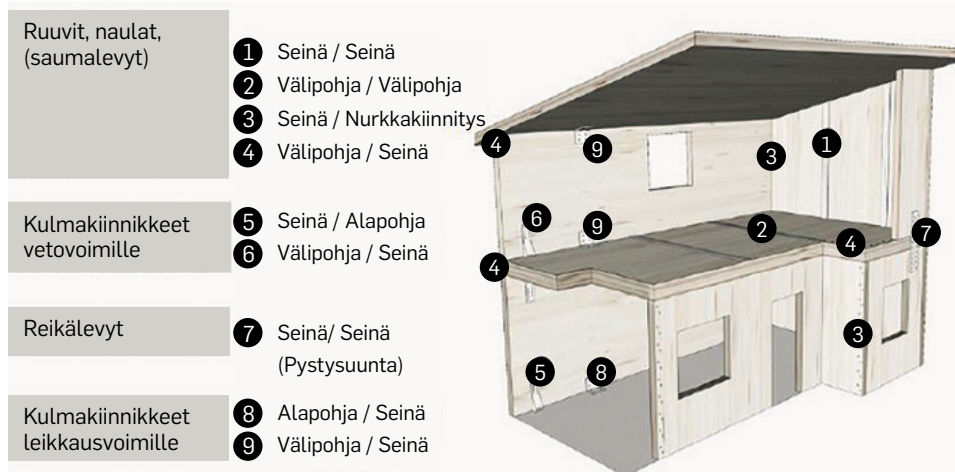
Puskusaumassa ei ole ponttausta tai vastaavaa liitosprofiilia. Liitos kiinnitetään vinoon asennetuilla täyskierrerruuveilla kuten saumalevyliitoksessa. Seinien pystynurkat asennetaan yleensä puskusaumaliitoksella. (Stora Enso 2013)



**Kuva 10.** Puskusaumaliitos. (Stora Enso 2013) (Naskali, J. 2015)

## Ruuvit ja kiinnikkeet

Alla olevissa kuvissa 11 ja 12 on esitetty yleisimpiä kiinnityskohtia, -tapoja sekä ruuveja CLT-elementtirakentamisessa.



**Kuva 11.** Havainnekuva CLT-talon liitoksista (Naskali, J. 2015)



**Kuva 12.** Ruuviliitokset itseporautuvilla puurakennusruuveilla (Naskali, J. 2015)



Jos väli-/yläpohjalevyihin on suunniteltu saumalevyt, on tärkeää varmistaa, ettei liitoksiin jää tasoeroja. Välipohja on tarkistettava alapuolelta. Tarvittaessa välipohja tuetaan sopivilla tuilla. Tuennan jälkeen levyliitokset kiinnitetään sopivin välein vinoon ruuvattavilla täyskierreruuveilla. Tämän jälkeen tuet voidaan poistaa. (Stora Enso 2013)



**Kuva 13.** Välipohjaelementin asennus (Stora Enso 2013)

## Tuenta

Tuennassa voidaan käyttää puutavaraa tai säädettäviä elementtiasennustukia. Näkyville jäävien pintojen suojaamiseksi tuet kiinnitetään aukkoihin. Tuet voidaan kiinnittää laattaan ennen elementtien asentamisen aloittamista asennustyön nopeuttamiseksi. Tuet on asennettava sopivalle etäisyydelle toisistaan riittävän tuennan varmistamiseksi. Tukia ei saa poistaa ennen kuin muut tukevat ja jäykistävät rakenteet on asennettu ja kiinnitetty paikoilleen. (Stora Enso 2013)



**Kuva 14.** Esimerkkejä tuennasta. (Rothoblaas 2013) (Niemi A. 2013)

## RAKENTAMISVAIHEEN KOSTEUDENHALLINTA

Rakentamisvaiheen kosteudenhallinta on toteutettava sopimusehtojen mukaisesti siten, että lopputulos täyttää tarvittavat käyttö- ja ylläpitoedellytykset. Rakentamisvaiheessa huomioidaan seuraavassa kuvassa esitetyt asiat. (Ympäristöministeriö 2015)



**Kuva 15.** Rakentamisvaiheen kosteudenhallintasuunnitelman sisältö. (RIL 2011)

CLT levyjen suojaamiseen kosteudelta on otettava tarkasti huomioon. Tuotteelle asetettujen vaatimusten mukaan CLT-levyn kosteuspitoisuus saa olla verhoiltaville laaduilla (not visible q) 11% +/- 2% ja esim. sisustuspinna näkyviin jääville laaduilla (visible q) 9% +/- 2% ja sen tulee pysyä lähes samana koko rakennusprosessin ajan. Tärkeimmät tekijät kosteudenhallinnassa ovat tuotteen saaminen työmaalle toimitusajan mukaisesti, rakentamiseen käytettävän ajan minimointi ja käyttämällä väliaikaisia rakennussuojia rakentamisen ajan. Kuten muutkin puutuotteet myös CLT-levyt pitää aina suojata sateelta, lumelta ja maakosteudelta. CLT-levyt ovat erityisen herkkiä kosteusvaurioille laminoitujen rakenteiden takia ja koska niillä on kyky imeä suuria määriä vettä lappeitten sekä paljaitten poikittaisten katkaisupintojen kautta. (Gagnon S, P. C. 2011)



**Kuva 16.** Sääsuojaus (Ramirent Finland Oy 2017)

Vaneriin ja standardimittaiseen sahatavaraan verrattuna CLT on huomattavasti massiivisempaa. Jos levyt pääsevät kastumaan niiden kuivuminen kestää kauan. Tästä johtuen CLT-levyjen kosteussuojauksen pitää olla etusijalla rakennustyömaalla. Tuotestandardin mukaan viimeistellyille CLT-levyille vaaditaan tietty kosteuspitoisuus. Rakentamismääräysten mukaan kosteuspitoisuus ei saa olla yli 19% missään osassa levyrakennetta (pinta, sydänosa, reunat) ennen sen peittämistä. Levyjen tasaisen kosteuden ylläpitäminen rakennustyön aikana on myös tärkeää, koska kosteuseläminen ja kuivumisesta johtuva kutistuminen voi vaurioittaa liimausta ja johtaa levyjen vääntyilemiseen. (Gagnon S, P. C. 2011)

Rakennusvaiheessa CLT-levyt pitää suojata väliaikaisesti veden kestävällä katoksella, pressulla tai muulla tehokkaalla tavalla ympäristössä olevan kosteuden imeytymisen ehkäisemiseksi, kunnes rakennuksen vesikatto on saatu valmiiksi. Väliaikainen kosteussuoja voidaan asentaa levyihin niiden valmistusvaiheessa ja sitä ei saa poistaa levyjen varastoinnin aikana. Väliaikaista suojaa ei kannata poistaa ennen kuin levyt on asennettu paikoilleen rakennuksessa ja vesikatto on valmis tai levyt on muutoin suojattu kosteudelta lopullisesti. Tilaelementtirakentamisessa hyödynnetään liikuteltavia kattoelementtejä, joilla lohkot suojataan heti asennuksen jälkeen. (Gagnon S, P. C. 2011)

## LÄHTEET

- Gagnon S, P. C. 2011. CLT Handbook. Québec: FPInnovations.
- Helamo, M. 2014. CLT-Runkoelementtien valmistus. Viitattu 27.1.2017. <http://www.kiintopuu.fi/media/kiintopuu/clt-runkoelementti-info-2015.14.pdf>
- Illbruck 2016. Tremco Illbruck. Viitattu 27.1.2017 [http://www.illbruck.com/en\\_GB/home/](http://www.illbruck.com/en_GB/home/)
- Naskali, J. 2015. Rothoblaas: CLT-kiinnitysjärjestelmät. Rothoblaas. Viitattu 27.1.2017 [http://2015.puupaiva.com/sites/default/files/Sali%20C\\_Naskali%20Jarno\\_Liitokset%20ja%20akustiikka%20CLT-rakenteissa.pdf](http://2015.puupaiva.com/sites/default/files/Sali%20C_Naskali%20Jarno_Liitokset%20ja%20akustiikka%20CLT-rakenteissa.pdf)
- Niemelä, A. 2013. CLT-koetalohankkeen kuvapankki. Lapin AMK.
- Puuinfo 2017. STE CLT tilaelementti. Viitattu 30.1.2017 <http://www.puuinfo.fi/file/6997>
- Ramirent Finland Oy 2017. Telineet ja sääsuojaus. Viitattu 20.1.2017 [http://www.ramirent.fi/portal/fi/referenssit/telineet\\_ja\\_saasuojaus/](http://www.ramirent.fi/portal/fi/referenssit/telineet_ja_saasuojaus/)
- Rakennustietosäätiö 2007. Ratu S-1228 Rakennustyömaan aluesuunnittelu.
- RIL 2011. Kosteuden hallinta ja homevaurioiden estäminen. Helsinki: RIL.
- Rothoblaas 2013. Handbook for wooden buildings. Viitattu 27.1.2017 <https://issuu.com/rothoblaas/docs/handbook-for-wooden-buildings-en?e=18207635/43222546>
- Stora Enso 2013. Technical Brochure CLT Viitattu 27.1.2017 <http://www.clt.info/fi/media-ladattavat/esitteet/rakentamisen-ratkaisut/>
- X-lam alliance 2014. Technical Guide. Viitattu 27.1.2017 [http://www.xlam-alliance.com/assets/technical/X\\_LAM\\_Technical\\_JUL\\_2014\\_v3.pdf](http://www.xlam-alliance.com/assets/technical/X_LAM_Technical_JUL_2014_v3.pdf)
- Ympäristöministeriö 2015. Rakentamisen kosteudenhallinta. Viitattu 27.1.2017 <http://www.kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/rakennushankkeen-vaiheet/rakentamisvaihe>

# Kestävä puurakentaminen

## JOHDANTO

Tässä artikkelissa kuvataan kestävää puurakentamista erityisesti CLT näkökulmasta. Future possibilities for CLT –hankkeen vuonna 2016 toteuttamassa haastattelututkimuksessa yhtenä teemana oli CLT osana liiketoiminnan strategiaa. Haastattelututkimuksen perusteella voidaan todeta, että CLT:llä on positiivinen imago ja se nähdään hyvin potentiaalisena ekologisena vaihtoehtona tulevaisuuden kestävässä rakentamisessa. Puu koetaan arvokkaana ja näyttävänä pintana sekä laadukkaana sisäympäristön mahdollistajana. Haastattelututkimuksen yhdeksi tärkeimmäksi huomioksi nousi ”Hyödynnä materiaalin arvokkuus”, joka tarkoittaa mm. CLT-materiaalin kotimaisuuden, uusiutuvuuden ja kierrätettävyyden korostamista viestinnässä. Haastattelututkimuksen teemasta 6: CLT osana liiketoiminnan strategiaa perusteella muodostettu avainsanapilvi on esitetty kuvassa 1.

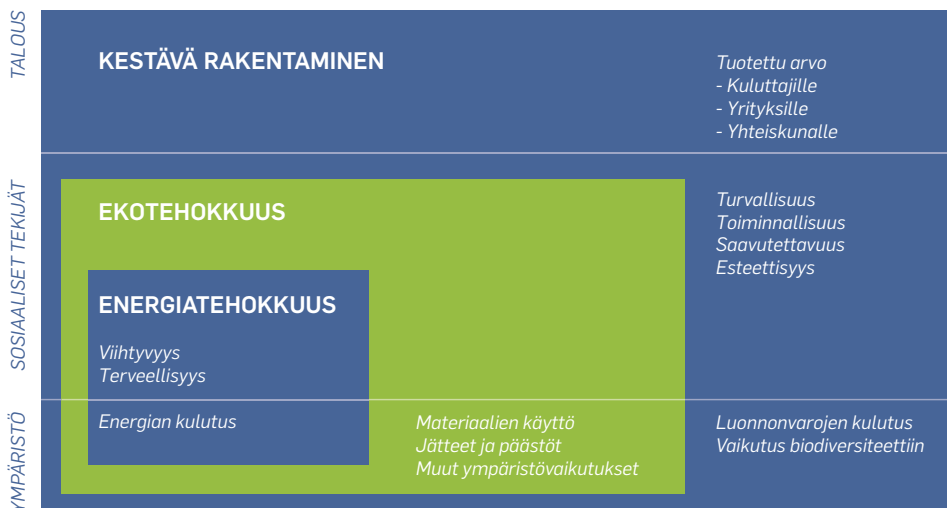


**Kuva 1.** Avainsanapilvi haastattelututkimuksen teemasta CLT osana liiketoiminnan strategiaa

## KESTÄVÄN RAKENTAMISEN MÄÄRITELMÄ

Suomessa käytettävästä energiasta 40 % kuluu rakennuksissa, lisäksi rakennukset aiheuttavat 30 % päästöistä. Väestön kasvun, muuttoliikkeen ja elintason kasvun myötä rakentaminen lisääntyy ja sen kestävä toteuttaminen on erittäin tärkeää. Hyvinvointivaltioissakin, kuten Suomessa tarvitaan 16 000 uutta asuntoa vuodessa vanhojen tilalle, jotta asuntojen lukumäärä säilyy nykyisellä tasolla. Rakennuskanta uusiutuu noin 1 -1,5 % vuosivauhdilla, joten korjausrakentaminen ja kiinteistöjen käyttö ovat erittäin tärkeitä teemoja kestävästä rakentamisesta puhuttaessa. (Puuinfo 2014)

Kestävässä rakentamisessa (Kuva 2) huomioidaan aina sosiaaliset, ekologiset ja taloudelliset näkökohdat. Kestävän rakentamisen tarkoituksena on tuottaa elinkaareltaan pitkäikäisiä materiaalitehokkaita ja energiapihejä rakennuksia ja rakenteita. Ilmastomuutoksen torjuminen ei kuitenkaan saa olla ainoa tavoite vaan rakennukset rakennetaan ihmisiä ja käyttöä varten, joten niiden tulee olla myös turvallisia, terveellisiä, viihtyisiä, muuntojoustavia, helppohoitoisia ja arvonsa säilyttäviä. (Puuinfo 2015)



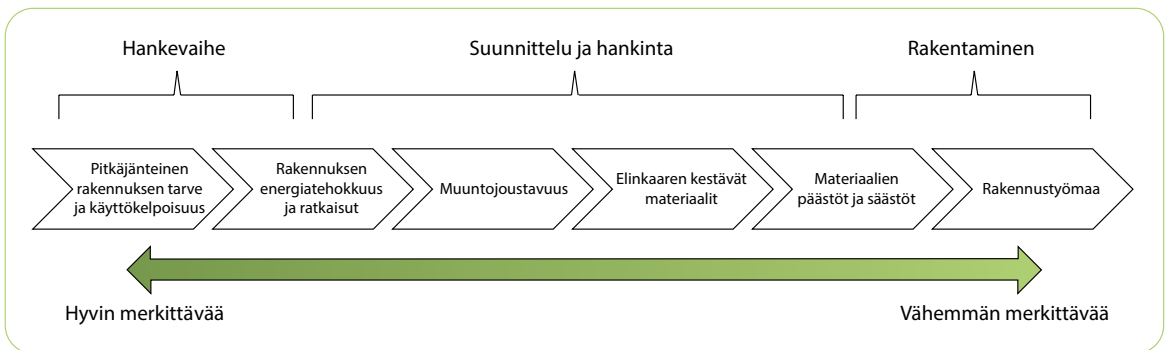
**Kuva 2.** Kestävä rakentaminen. (Puuinfo 2015)

Kestävässä rakentamisessa ympäristö- ja kustannusvaikutuksia tarkastellaan rakennuksen koko elinkaaren ajalta. Kuvassa 3 esitetty rakennuksen elinkaari kattaa rakentamisen aina maankäytön suunnittelusta rakennuksen purkuun saakka. (Puuinfo 2015)



**Kuva 3.** Rakennuksen elinkaari (Puuinfo 2015) (Puuinfo 2017)

Rakennushankkeen tärkeimmät päätökset koko elinkaaren kannalta sijoittuvat hankkeen alkuun, jolloin määritellään rakennuksen käyttötarkoitusta ja rakentamisen ratkaisuja (Kuva 4.). (Puuinfo 2015)



**Kuva 4.** Rakentamisvaiheiden merkitys elinkaaren ympäristövaikutuksiin (Puuinfo 2015)

Kestävän rakentamisen ja ympäristövaikutusten arviointiin on kehitetty eurooppalainen standardi CEN/TC350. Standardipaketti on laadittu kestävän rakentamisen läpinäkyväksi arviointi- ja laskentamenetelmäksi. CEN/TC350 Standardiperheestä pureudutaan lähtötietoina tarvittavien rakennustuotteiden ympäristötietojen tuottamiseen sekä rakennustason koko elinkaaren kattavaan kestävän rakentamisen arviointiin. Ympäristönäkökulmien arvioinnin lisäksi on laadittu myös sosiaalisen ja taloudellisen kestävyuden eurooppalaiset arviointiperusteet. Standardisoitua tietoa

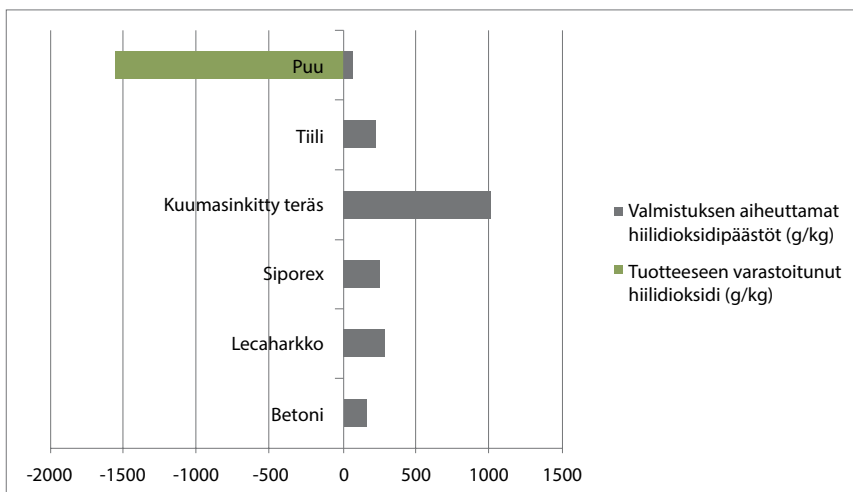
käytetään kansainvälisten ja kansallisten ympäristöluokitusjärjestelmien perustana. Kansainvälisesti laajimmin levinneet ympäristösertifiointijärjestelmiä ovat Yhdysvalloissa kehitetty LEED ja Englannista peräisin oleva BREEAM, joista kerrotaan tarkemmin artikkelissa *CLT-rakentaminen ja ympäristösertifiointit*. Suomessa teknisen komitean CEN/TC 350 SFS:n antama toimialayhteisövastuu on Rakennustuoteteollisuus RTT ry:llä, Green Building Council Finland on kehittänyt rakennusten elinkaarimittarit hanke- sekä käyttövaiheelle ja Rakennustietosäätiö on julkaissut vuoden 2016 lopussa suomalaisen RTS rakennusten ympäristöluokitusjärjestelmän. (Puuinfo 2015)

## CLT – EKOLOGINEN VAIHTOEHTO

Hankkeen aikaisemmassa vaiheessa tehdyssä haastattelututkimuksessa nousi esille myös CLT-materiaalin ekologisuus. Tutkimuksessa ilmeni, että CLT:n ekologisuuden ja pienen hiilijalanjäljen vuoksi, puurakentamisen hyvä imago koetaan tulevaisuuden kilpailukyvyyn kannalta tärkeäksi. CLT nähdään tulevaisuudessa potentiaaliseksi rakennevaihtoehdoksi ekologisuuden ja kasvavan kotimaisen tuotannon myötä.

Rakennettaessa puusta rakennuksen osia, puun sisältämä hiili varastoituu rakenteisiin, jotka toimivat pitkäaikaisina hiilivarastoina. Tavanomainen suomalainen puurunkoinen omakotitalo sitoo rakenteisiinsa noin 30 tonnia ilmasta peräisin olevaa hiilidioksidia. Tämä hiilidioksidi määrä vastaa yhden kuluttajan keskivertoautoilun yli 10 vuoden hiilidioksidipäästöjä. (Rakennusteollisuus 2013)

Puutuotteiden valmistuksessa syntyy vähemmän hiilidioksidipäästöjä verrattaessa muiden rakennusmateriaalien valmistukseen (Kuva 5). (Rakennusteollisuus 2013)

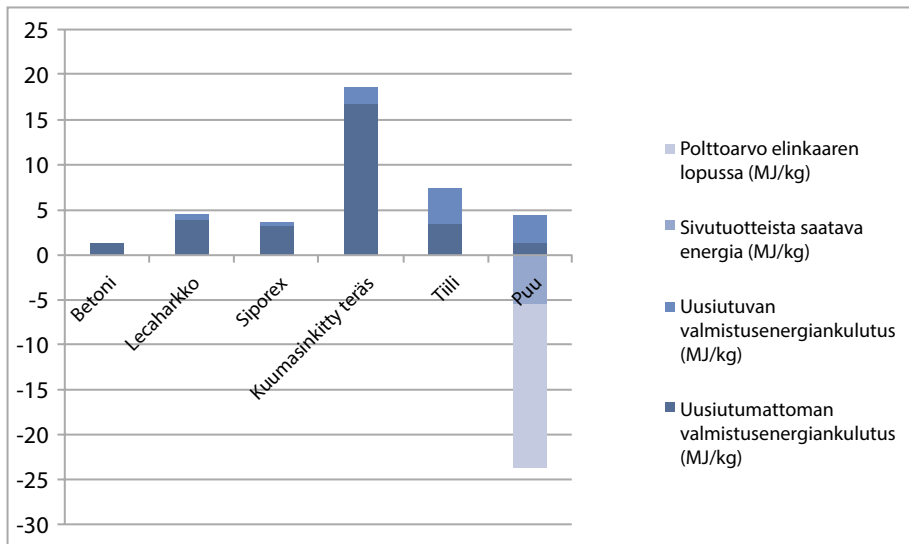


**Kuva 5.** Eri rakennusmateriaalien valmistuksen aiheuttamat hiilidioksidipäästöt (Rakennusteollisuus 2013)

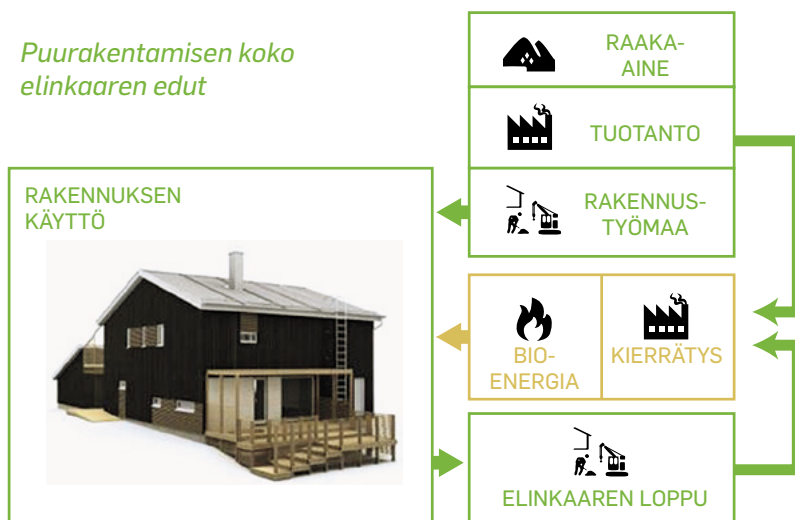


Puutuotteiden ja – rakenteiden valmistus kuluttaa vähemmän energiaa verrattuna muista materiaaleista valmistettuihin tuotteisiin ja rakenteisiin. Suuri osa puutuotteiden valmistuksessa hyödynnettävästä energiasta saadaan uusiutuvista energianlähteistä. Merkittävä osa tarvittavasta energiasta saadaan valmistuksen yhteydessä saatavista sivuotteista, kuten puun kuoresta (Kuva 6). (Rakennusteollisuus 2013)

Kuvassa 7 esitellään puurakennuksen elinkaarta ja sen hyödyntämismahdollisuuksia purkuvaiheessa. Elinkaarensa lopussa olevat puutuotteet voidaan kierrättää tai muuttaa energiaksi. (Puuinfo 2015)



**Kuva 6.** Eri rakennusmateriaalien valmistuksen aiheuttama energiankulutus.10 (Puuinfo 2015)



**Kuva 7.** Puurakennuksen elinkaari (Puuinfo 2015)

## LÄHTEET

- Puuinfo 2014. Kestävä rakentaminen luo hyvinvointia. Viitattu 23.1.2017 <http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/Kest%C3%A4v%C3%A4%20rakentaminen%20luo%20hyvinvointia%20WEB.pdf>
- Puuinfo 2015. Vuoden 2015 Puupalkinto As Oy Jyväskylän Puukuokka 1:lle. Viitattu 26.11.2015. <http://www.puuinfo.fi/tiedote/vuoden-2015-puupalkinto-oy-jyv%C3%A4skyl%C3%A4n-puukuokka-1lle>
- Puuinfo 2017. Ympäristö- ja resurssitehokkuus. Viitattu 19.1.2017 <http://www.puuinfo.fi/puutieto/ymp%C3%A4rist%C3%B6tehokkuus>
- Rakennusteollisuus 2013. Kestävä rakentaminen on vastuullista rakentamista. Viitattu 23.1.2017 <https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Ilmasto-ymparisto-ja-energia/Kestava-rakentaminen/>

Mikko Vatanen, Lapin AMK

# CLT-rakentaminen ja ympäristösertifiointit

Ekologisen rakentamisen tarkasteluissa ollaan yhä vahvemmin siirtymässä käyttämään kansainvälisiä sertifiointijärjestelmiä. Miten nousussa oleva CLT-rakentaminen menestyy LEED- ja BREEAM-järjestelmien pisteetyksissä?



## TARVE YMPÄRISTÖSERTIFIOINNEILLE

Ympäristöjohtamisesta ja elinkaariosaamisesta on muodostumassa yksi ydinosaamisalueista nykypäivän rakentamisessa. Termejä kuten *kestävän kehityksen mukainen rakennus*, *ekologinen rakentaminen* ja esimerkiksi *vihreä rakentaminen* käytetään yhä yleisemmin rakennushankkeiden yhteydessä. Vieläkin enemmän erilaisia termejä on käytössä kuvaamaan rakennuksen energiatehokkuutta, pelkästään EU:n jäsenmaissa yleisessä käytössä olevia termejä on yli 20 (Erhorn, H. & Erhorn-Kluttig, H. 2011). Määrittelyiden kirjavat käytännöt tekevät asiasta vaikeasti ymmärrettävän eikä rakennuksen tehokkuuden vertailu eri menetelmien välillä ole käytännössä sujuvaa edes alan ammattilaisille. Lisäksi on huomattava, että esim. energiatehokkuudesta kertovat tunnusluvut ovat vain osa rakennushankkeen todellisista ympäristövaikutuksista. Ympäristösertifiointijärjestelmät ovat työkaluja, joita kehitetty vastaamaan tähän tarpeeseen. Sertifiointien avulla pyritään yleistettävään, luotettavaan ja läpinäkyvään ympäristövaikutusten arviointiin siten, että merkittävimmät rakennushankkeen osa-alueet tulevat kaikki huomioitua. (Green Building Council Finland. 2015)

Sertifiointeja on puolestaan kehitetty eri puolilla maailmaa lukuisia määriä. Paikallisissa sertifioinneissa on etuna, että niiden avulla voidaan ottaa helposti huomioon esimerkiksi alueelle ominaisia määryksiä ja standardeja. Heikkoutena paikallisuuden huomiointissa puolestaan on kansainvälisen vertailun vaikeutuminen. Kansainvälisistä sertifiointijärjestelmistä Yhdysvalloissa kehitetty LEED ja Englannista peräisin oleva BREEAM ovat nousseet selvästi muita suosittumiksi. Näiden välillä suosio on ainakin vielä hyvin tasainen jakautuen siten, että LEED on selvästi suosittu kotimaassaan USA:ssa, kun taas BREEAMilla on puolestaan vahvempi jalansija eurooppalaisessa rakentamisessa. Peruseriaatteet molemmissa järjestelmissä ovat hyvin samankaltaisia, mutta erojakin löytyy. LEEDin mukaisessa arvioinnissa rakennushanketta arvioidaan keräten hankkeelle pisteitä kategorisoitujen osa-alueiden mukaisesti. BREEAMissa arviointia tehdään vastaavalla tavalla, mutta kategorioiden sisällöissä ja painotuksissa on eroja LEEDiin verrattuna. (Triple E Consulting. 2014)

LEEDin ja BREEAMin kaltaiset, vapaaehtoiset sertifiointijärjestelmät ovat tällä hetkellä käytettävissä olevista menetelmistä soveltuvimpia kuvaamaan rakennushankkeen ympäristövaikutuksia ja tällaisten järjestelmien käyttö tulee suurella todennäköisyydellä yleistymään lähivuosina myös Suomessa. Haasteena suomalaisen rakentamiseen soveltamisessa on hyvien käytäntöjen löytäminen toiminnan sujuvuuden varmistamiseksi. Kansainvälisissä järjestelmissä ei esimerkiksi löydy viittauksia moniinkaan rakennusalan standardeihin, jotka ovat yleisesti käytössä Suomessa. Kuitenkin tarkempi tarkastelu usein osoittaa, että suomalaisten käyttämät standardit ovat vähintään yhtä vaativia kuin sertifiointijärjestelmien edellyttämät vastaavat ulkomaiset standardit. Vertailu on kuitenkin tehtävä alkuvaiheessa jokaisen vaatimuksen osalta erikseen. (Vierinen A-M. 2015)

Tärkeintä olisi jatkossa löytää tapoja käyttää sertifiointiprosessissa hyödyksi mahdollisimman paljon jo valmiiksi saatavilla olevaa tietoa rakennushankkeesta. Suoma-

laisessa rakentamisessa on jo valmiiksi paljon hyviä käytäntöjä, joiden hyötykäyttöä on syytä optimoida. Sertifiointiprosessi toki kuitenkin vaikuttaa hankkeen toteutukseen, niin kuin sen on tarkoituskin. Hyvän arvosanan saamiseksi on tehtävä lukuisia ympäristövaikutuksia koskevia päätöksiä hankkeen toteutuksen aikana. Käytännössä tässä tullaan etsimään ns. kustannusoptimia hankekohtaisesti – eli millä panostuksella saadaan aikaan mahdollisimman hyvä tulos kustannustehokkaalla tavalla. Lopputuloksena on toivottavasti laadukkaampi, energiatehokkaampi ja ympäristöystävällisempi lisäys rakennettuun ympäristöömme.

## CLT-RAKENTAMISEN EDUT LEED-SERTIFIOINTIJÄRJESTELMÄSSÄ

CLT-rakentamista ja puurakentamista yleisemminkin markkinoidaan vähähiilisen rakentamisen ratkaisuna. Puu rakennusmateriaalina toimiikin ns. hiilinieluna, sitoen ilman hiilidioksidista itseensä hiiltä jopa puolet painostaan. Sitoutumisprosessissa happi vapautuu hiilidioksidista takaisin ilmaan ja sitoutuneen hiilidioksidin määrä voidaan ilmaista kaavalla: *sitoutunut CO<sub>2</sub> = 2x puun paino*. (Puuinfo Oy. 2010.) Muita etuja puurakentamisessa voivat olla esimerkiksi vähäinen valmistukseen kulunut energia ja tuotteiden paikallisuus. Tässä artikkelissa arvioidaan CLT-rakentamisen mahdollisia vaikutuksia sertifioinneissa saavutettaviin pisteisiin.

LEED (*Leadership in Energy & Environmental Design*) on vihreän rakentamisen sertifiointijärjestelmä. Järjestelmän tavoitteena on vaikuttaa rakentamisen ohjaukseen siten, että alan parhaat ratkaisut ekologisen rakentamisen edistämiseksi tulevat arvioiduiksi luotettavalla ja läpinäkyvällä tavalla. LEED-järjestelmä on jaettu projektityypin tai elinkaaren vaiheen perusteella alajärjestelmiin, joissa peruseriaate säilyy samankaltaisena, mutta eri projektityyppien ominaisuuksia voidaan paremmin huomioida. Käytössä olevia alajärjestelmiä on tällä hetkellä viisi:

- LEED for Building Design + Construction (BD+C)
- LEED for Building Operations and Maintenance (O+M)
- LEED for Interior Design and Construction (ID+C)
- LEED for Homes (HOMES)
- LEED for Neighborhood Development. (ND) (U.S. Green Building Council. 2017)

Lisäksi alajärjestelmissä on mahdollisuus huomioida erilaisia rakennus- tai projektityyppejä arvioinnin tarkkuuden parantamiseksi. Esimerkiksi LEED BD+C -järjestelmässä valittavissa olevia rakennustyyppiejä ovat:

- New construction & major renovation
- Core & shell development
- Schools
- Retail
- Data centers
- Warehouses & distribution centers
- Hospitality
- Healthcare
- Homes & multifamily lowrise
- Multifamily midrise. (U.S. Green Building Council. 2017)

Valikoimaa on siis paljon ja yleispätevää tulkintaa tuloksista on varmasti mahdotonta tehdä. Varsinainen arviointi vaatii projektin maksullisen rekisteröinnin ja edellyttää hyvin yksityiskohtaisen todistusaineiston keräämistä kyseessä olevasta hankkeesta. Varsinaisessa luokitusprosessissa rakennushankkeen saamat pisteet ratkaisevat, pääseeke hankkeeseen LEEDin neljästä sertifiointiluokasta:

- Certified 40–49 pts;
- Silver 50–59 pts;
- Gold 60–79 pts;
- Platinum +80 pts.



**Kuva 1.** LEED sertifiointiluokat  
(CleanTechnica. 2015)

Tässä valitaan esimerkin vuoksi LEED BD+C järjestelmästä New construction & major renovation -luokka CLT-rakentamisen vaikutusten arvioimiseksi. Luokka on valittavissa uusille rakennusprojekteille tai merkittävää korjausrakentamista sisältäville projekteille. Taulukossa 1 on esitetty järjestelmän kriteeristöjä ja arvioitu CLT-rakentamisen mahdollisia vaikutuksia pisteiden kertymiseen. Tässä esimerkissä ei ole tarkoitus toteuttaa yksityiskohtaista arviointia.

**Taulukko 1.** CLT-rakentamisen vaikutusten tarkastelu / LEED (U.S. Green Building Council. 2009)

CLT-tarkastelu "LEED for Building Design + Construction v3" mukaan			
Kriteeri	Kuvaus	CLT-rakentamisen mahdollisuudet	Lisäpisteet (CLT) / Kokonais-pisteet
<b>Sustainable sites</b>	Kriteerin tarkoituksena on kiinnittää huomiota mm. rakentamispaikan valintaan, liikenneyhteyksiin, luonnon säilyttämiseen jne.	Tarkastelu ei sisällä CLT-rakentamisen kannalta erityisiä kohtia.	<b>0 / 26</b>
<b>Water efficiency</b>	Kriteerin periaatteena on huolehtia rakennuksen vedenkäyttöön liittyvien asioiden kokonaisvaltaisesta tarkastelusta.	Tarkastelu ei sisällä CLT-rakentamisen kannalta erityisiä kohtia.	<b>0 / 10</b>
<b>Energy &amp; atmosphere</b>	Kriteerin tarkoituksena on kiinnittää huomiota mm. energiankäytön optimointiin, uusiutuvien energialähteiden käyttöön, kylmäaineiden ympäristöystävällisyyteen jne.	Tarkastelu ei sisällä CLT-rakentamisen kannalta erityisiä kohtia.	<b>0 / 35</b>
<b>Material &amp; resources</b>	Kriteerin avulla pyritään vaikuttamaan materiaalien uusiokäyttöön, paikallisten materiaalien käyttöön, sertifioitujen puutavaran käyttöön jne.	CLT-rakentamisessa voidaan saavuttaa etuja kriteerin kohdissa: MRc5: regional materials / <b>1-2 pistettä</b> MRc7: certified wood / <b>1 piste</b>	<b>2-3 / 14</b>
<b>Indoor environmental quality</b>	Kriteerin avulla arvioidaan sisäympäristön laatuun liittyviä tekijöitä, kuten ilmanlaadun hallintaa, materiaalien päästöjä, lämpötilojen ja valaistuksen hallintaa jne.	CLT-rakentamisessa voidaan saavuttaa etuja kriteerin kohdissa: EQc4.1: low-emitting materials - adhesives and sealants / <b>1 piste</b>	<b>1 / 15</b>
<b>Innovation</b>	Kriteeri mahdollistaa sellaisten innovatiivisten ratkaisuiden huomioon, jotka eivät sisälly muihin arvoiteltaviin kohtiin. Ratkaisuiden positiivinen vaikutus rakentamisen ympäristövaikutuksiin tulee kyetä osoittamaan.	Tarkastelu ei sisällä CLT-rakentamisen kannalta erityisiä kohtia.	<b>0 / 6</b>
<b>Regional priority credits</b>	Kriteerin pisteet ovat ikään kuin bonuspisteitä, joiden määrittämistä vastaa paikallinen Green Building Council. Näin pyritään korostamaan arvioinnissa niitä kohtia, joilla on eniten alueellista merkitystä.	Esim. materiaaleista voisi olla saatavilla <b>1-2 lisäpistettä</b> .	<b>1-2 / 4</b>
<b>TOTAL POINTS</b>			<b>4-6 / 110</b>
<b>SUMMARY/ ANALYSIS</b>	CLT-rakentamisen myötä saavutettavissa olevat "lisäpisteet" voivat siis olla luokkaa 4-6 pistettä 110 pisteestä. Tämä tarkoittaisi 3,6-5,5 % luokkaa olevaa lisäetua tarkasteluissa, mikä on kohtuullinen etu ja vaikuttaa suuruusluokaltaan järkevältä. Asia ei ole kuitenkaan näin yksinkertainen, sillä CLT-runko on vain yksi osa kokonaisrakennetta. Myös muilla runkovaihtoehdoilla on mahdollista saavuttaa ainakin osa em. "CLT-lisäpisteistä" käyttämällä esim. paikallisia materiaaleja ja sertifioitua puuta osana rakenteita. Todellinen ero (tai lisähyöty) ei siis ole lainkaan varmaa vaan riippuu täysin vertailukohdasta.		

## CLT-RAKENTAMISEN EDUT BREEAM-SERTIFIOINTIJÄRJESTELMÄSSÄ

BREEAM maailman ensimmäinen rakennusten ympäristösertifiointijärjestelmä ja sillä on laaja käyttäjäkunta. BREEAMin mukaisesti on sertifioitu yli 556 700 rakennusta sitten vuoden 1990 käyttöönoton. LEEDin tavoin BREEAMissa tarkastellaan rakennushanketta laaja-alaisesti ja pyritään ohjaamaan toimintaa parhaiden käytäntöjen suuntaan. Hankkeen eri osapuolia pyritään aktivoimaan mm. energiatehokkuuden, vähähiilisuuden, tehokkaan vedenkäytön ja vähäpäästöisyyden suuntaan. (BRE Global. 2017a)

BREEAMista on lukuisia maakohtaisia variaatioita, mutta varsinainen kansainvälinen BREEAM-järjestelmä jakautuu viiteen pääosaan:

- BREEAM Communities (Masterplanning)
- BREEAM Infrastructure (CE & Public Realm)
- BREEAM New Construction (Buildings)
- BREEAM In-Use (Buildings)
- BREEAM Refurbishment and Fit-out (Buildings) (BRE Global. 2017b)

Näiden osien sisällä on mahdollista kohdentaa tarkastelua rakennus- ja projektityypin mukaisesti. Esimerkiksi BREEAM New Construction -osion avulla voidaan tarkastella mm. seuraavia kohteita:

- Residential
- Offices
- Industrial
- Retail
- Community
- Residential institutions
- Public. (BRE Global. 2012)

BREEAM siis vastaa myös hyvin monipuolisella tavalla eri tarpeisiin. Eri kombinaatioiden lukuisa määrä tekee CLT-rakentamisen hyötyjen tulkinnasta hankalaa, sillä myös tiedot eri käyttötarkoituksiin tulevien rakennusten osalta voivat vaihdella huomattavastikin. Varsinaisessa arviointiprosessissa BREEAMissa käytetään eri arviointikategorioita, joilla on tietyt painotusarvot kokonaisuuteen. Lopputuloksena on viisiportainen luokitusjärjestelmä hyväksytysti sertifioituille rakennuksille (Taulukko 2).



**Taulukko 2.** BREEAM-luokitukset (Vierinen A-M. 2015)

BREEAM -rating	% score	Stars
<b>Outstanding</b>	<b>≥ 85</b>	*****
<b>Excellent</b>	<b>≥ 70</b>	****
<b>Very Good</b>	<b>≥ 55</b>	***
<b>Good</b>	<b>≥ 45</b>	**
<b>Pass</b>	<b>≥ 30</b>	*

Tässä valitaan esimerkin omaisesti BREEAM International New Constructioniin perustuva yleistarkastelu, jonka pohjalta CLT:n käytön mahdollisia vaikutuksia arvioidaan. Taulukossa 3 on esitetty arviointikategoriat ja CLT-rakentamisen mahdollisesti tuomia ”lisäpisteitä” sertifikaattiin.

**Taulukko 3.** CLT-rakentamisen vaikutusten tarkastelu /BREEAM (BRE Global. 2013)

CLT-tarkastelu ”BREEAM International New Construction 2013” mukaan			
Kriteeri	Kuvaus	CLT-rakentamisen mahdollisuudet	Lisäpisteet (CLT) / %-järjestelmässä
<b>Management</b>	Kriteerin tarkoituksena on kiinnittää huomiota mm. kestäviin hankintaperiaatteisiin, sidosryhmien huomioimiseen suunnitteluprosessissa ja työmaan olosuhteisiin jne.	Tarkastelu ei sisällä CLT-rakentamisen kannalta erityisiä kohtia.	<b>0 %</b>
<b>Health &amp; Wellbeing</b>	Kriteerin avulla arvioidaan sisäympäristön laatuun liittyviä tekijöitä, kuten ilmanlaadun hallintaa, materiaalien päästöjä, lämpötilojen ja valaistuksen hallintaa jne.	CLT-rakentamisessa voidaan saavuttaa etuja kriteerin kohdissa: VOC emission levels / <b>2 pistettä</b>	<b>3 %</b>
<b>Energy</b>	Kriteerin tarkoituksena on kiinnittää huomiota mm. energiankäytön optimointiin ja seurantaan, uusiutuvien energialähteiden käyttöön jne.	Tarkastelu ei sisällä CLT-rakentamisen kannalta erityisiä kohtia.	<b>0 %</b>
<b>Transport</b>	Kriteerin avulla arvioidaan mm. liikenneyhteyksiä, vähäpäästöisen liikenteen tukemista, pysäköintitiloja jne.	Tarkastelu ei sisällä CLT-rakentamisen kannalta erityisiä kohtia.	<b>0 %</b>
<b>Water</b>	Kriteerin periaatteena on huolehtia rakennuksen vedenkäyttöön liittyvien asioiden kokonaisvaltaisesta tarkastelusta.	Tarkastelu ei sisällä CLT-rakentamisen kannalta erityisiä kohtia.	<b>0 %</b>

<b>Materials</b>	Kriteerin avulla pyritään kiinnittämään huomiota mm. materiaalien elinkaaren aikaiseen hiilitaseeseen, kestävään valmistukseen ja käyttökestävyyteen jne.	CLT-rakentamisessa voidaan saavuttaa etuja kriteerin kohdissa: Life cycle impacts / <b>3–4 pistettä</b> Responsible sourcing of materials / <b>1–2 pistettä</b>	<b>4–6 %</b>
<b>Waste</b>	Kriteerin tarkoituksena on vaikuttaa mm. työmaan jätehuollon, käytön aikaisen jätehuollon ja materiaalitehokkuuden järjestämiseen.	Tarkastelu ei sisällä CLT-rakentamisen kannalta erityisiä kohtia.	<b>0 %</b>
<b>Land use &amp; Ecology</b>	Kriteerin tarkoituksena on kiinnittää huomiota mm. rakentamispaikan valintaan, vastuulliseen maankäyttöön, luonnon säilyttämiseen jne.	Tarkastelu ei sisällä CLT-rakentamisen kannalta erityisiä kohtia.	<b>0 %</b>
<b>Pollution</b>	Kriteerin periaatteena on huolehtia rakennuksen päästöjen minimoinnista mm. kylmäainepäästöjen, vesi- tai lämmitysjärjestelmän päästöjen, valosaasteen, melusaasteen jne. osalta.	Tarkastelu ei sisällä CLT-rakentamisen kannalta erityisiä kohtia.	<b>0 %</b>
<b>Innovation</b>	Kriteeri mahdollistaa sellaisten innovatiivisten ratkaisuiden huomioinnin, jotka eivät sisälly muihin arvosteltaviin kohtiin. Ratkaisuiden positiivinen vaikutus rakentamisen ympäristövaikutuksiin tulee kyetä osoittamaan.	Tarkastelu ei sisällä CLT-rakentamisen kannalta erityisiä kohtia.	<b>0 %</b>
<b>TOTAL POINTS</b>			<b>7–9 / 100 %</b>
<b>SUMMARY/ ANALYSIS</b>	<p>CLT-rakentamisen myötä saavutettavissa olevat "lisäprosentit" voivat siis olla luokkaa 7–9 prosenttia täydestä 100 prosentista. Tämä tarkoittaisi kohtuullisen merkittävää lisäetua tarkasteluissa ja vaikuttaa suuruusluokaltaan järkevältä. On huomionarvoista, että BREEAM-järjestelmässä painotukset näyttäisivät olevan hieman enemmän materiaaleihin liittyvissä tarkasteluissa kuin LEEDissä. Näin ollen myös CLT-rakentamisesta saavutettava lisähyöty vaikuttaisi olevan suurempi.</p> <p>Kuten todettiin jo LEEDin kohdalla, myös BREEAMissa muilla runkovaihtoehdoilla on mahdollista saavuttaa ainakin osa em. "CLT-lisäpisteistä" käyttämällä esim. matalan VOC-päästötason materiaaleja sekä vastuullisesti hankittuja raaka-aineita. Todellinen ero (tai lisähyöty) ei siis ole lainkaan varmaa vaan riippuu täysin vertailukohdasta.</p>		

## YHTEENVETO

Ympäristösertifiointien merkitys rakennusalalla on koko ajan kasvamassa, kun kiinnostus rakentamisen ympäristövaikutuksista on noussut keskeiseksi keskustelunaiheeksi. Kansainväliset sertifiointijärjestelmät LEED & BREEAM ovat ylivoimaisesti suosituimpia ympäristövaikutusten arviointimenettelyitä, vaikka eri maissa onkin myös paikallisia järjestelmiä käytössä. Yleistettävissä olevien ja läpinäkyvien järjestelmien käyttöönotto myös suomalaisessa rakentamisessa on lähtenyt jo liikkeelle.

CLT-rakentamisen nousu suomalaisessa rakentamisessa näyttää osuvan myös samaan ajankohtaan. CLT-rakentamista markkinoidaan vähähiilisenä rakentamisen ratkaisuna, mitä se epäilemättä onkin. Ympäristövaikutusten arvioinnissa on lisäksi hyvä pyrkiä hahmottamaan, mikä merkitys eri ratkaisulla on kokonaisuuden kannalta. Juuri tähän tarpeeseen esimerkiksi LEED & BREEAM-järjestelmät tuovat tervetullutta näkökulmaa.

Tässä artikkelissa arvioitiin CLT-rakentamisella saavutettavissa olevaa lisäetua LEEDin ja BREEAMin mukaan tehtävissä pisteytyksissä. LEEDin pisteistä arvioitiin 3,6–5,5 % olevan sellaisia, joihin CLT:n käytöllä voitaisiin vaikuttaa. BREEAMin osalta lukemat olivat 7–9 % luokkaa. BREEAMissa painotusta näyttäisi olevan hieman voimakkaammin materiaaleihin liittyvissä tarkasteluissa, kun taas LEEDissä esimerkiksi energiankäyttö saa suuremman roolin.

## LÄHTEET

- Erhorn, H. & Erhorn-Kluttig, H. 2011. Terms and definitions for high performance buildings. European Commission. Viitattu 20.1.2017 [http://www.epbd-ca.org/Medias/Pdf/High\\_Performance\\_Buildings.pdf](http://www.epbd-ca.org/Medias/Pdf/High_Performance_Buildings.pdf)
- Green Building Council Finland. 2015. Rakennusten ympäristöluokitukset. Viitattu 20.1.2017 <http://figbc.fi/tietopankki/ymparistoluokitukset/>
- Triple E Consulting. 2014. Market study for a voluntary common European Union certification scheme for the energy performance of nonresidential buildings. Viitattu 20.1.2017 [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/Final report - Building Certification Schemes – FINAL 26112014.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/Final_report_-_Building_Certification_Schemes_-_FINAL_26112014.pdf)
- Vierinen A-M. 2015. Luentomateriaali: GBPro: Rakennushankkeen ympäristösertifioinnit Suomessa -koulutus. Granlund Oy.
- Puuinfo Oy. Hyvä tietää puun käytön ympäristövaikutuksista. Viitattu 20.1.2017 <http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/tee-se-itse/ohjeita-omatoimiraken-tajille/hyva-tietaa-puun-kayton-ymparistovaikutuksista/hyva-tietaa-puun-kayton-ymparistovaikutuksista-web.pdf>
- U.S. Green Building Council. LEED – Leadership in Energy and Environmental Design. Viitattu 20.1.2017 <http://www.usgbc.org/leed>

- CleanTechnica. 2015. LEED Certification's Impact On America By The Numbers. Viitattu 20.1.2017 <http://cleantechnica.com/2014/01/10/leed-certifications-impact-on-america-by-the-numbers/>
- U.S. Green Building Council. 2009. LEED 2009 for New Construction and Major Renovations. U.S. Green Building Council. Washington DC.
- BRE Global. 2017. What is BREEAM? Viitattu 20.1.2017 <http://www.breeam.com/>
- BRE Global. 2017. Technical standards. Viitattu 20.1.2017 <http://www.breeam.com/technical-standards>
- BRE Global. 2012. BREEAM International New Construction Technical Manual.
- BRE Global. 2013. BREEAM International 2013 New Construction Pre-Assessment Estimator: Summary of Building Performance.

# CLT-toimijoita ja referenssejä Suomessa

## CLT -TOIMIJOITA SUOMESSA

*Stora Enso* on tehnyt jo pitkään työtä CLT –rakentamisen edistämiseksi Suomessa. *Stora Enson* CLT -levyt valmistetaan Itävallan tehtailla, joissa valmistusmäärä on noin 140 000 m<sup>3</sup> vuodessa. *Stora Enso* on kehittänyt puurakentamisen ratkaisuja ympäri maailmaa ja marraskuussa 2016 julkaistiin uusi ilmainen *Calculatis* -mitoitusohjelma, joka tukee mm. CLT-puurakentamisen suunnittelua, staattista, palo- ja rakennusfysikaalista mitoitusta sekä yleisimpien liitostapojen mitoitusta. (*Stora Enso* 2013)

*Oy CrossLam Kuhmo Ltd.* valmistaa ja toimittaa CLT-elementtejä, tehdas on aloittanut toimintansa vuoden 2014 joulukuussa. *CrossLamin* CLT-elementtitehdas sijaitsee Kuhmossa ja käyttää elementtien valmistuksessa suomalaista PEFC -sertifioitua puuta lähialueilta. *CrossLamin* CLT-elementtien maksimipituus on 12 000 mm, maksimileveys 3 200 mm ja paksuus voi vaihdella välillä 60 – 300 mm. Kuhmon tehtaan tuotantotavoitteeksi vuonna 2017 *Crosslam Kuhmo Ltd Oy:ssä* on asetettu 8 000 kuutiometriä CLT-levyä. *CrossLam* on vahvasti mukana Kuhmon Woodpoliksen toiminnassa ja samalla Kantolan teollisuusalueella sijaitsee myös CLT-suurelementtejä ja -tilaelementtejä valmistava *Elementti Sampo*. (*Crosslam* 2014)

*Elementti Sampo* valmistaa CLT-tasoelementtejä (suurelementtejä) ja CLT-tilaelementtejä. *Elementti Sampon* tehdas sijaitsee Kuhmossa Kantolan teollisuusalueella. Yrityksellä on oma kerrostalokonsepti *Suomi Kerrostalot*, joka auttaa tilaajaa tilaelementtikerrostalohankkeen läpiviennissä. Konseptilla voi toteuttaa korkeimmillaan kuusikerroksisen kerrostalon ja olemassa on kuusi valmista vakioasuntotyyppiä, kokoluokissa 28m<sup>2</sup> - 80m<sup>2</sup>. (*Elementti Sampo* 2017)

*Hoisko CLT Finland Oy* on aloittanut tuotannon Alajärvellä vuoden 2017 tammikuussa ja se valmistaa CLT:stä pienenlementtejä, suurelementtejä ja tilaelementtejä. *Hoisko CLT* valmistaa reunaliimattua CLT-levyä, jonka maksimipituus on 12 000 mm, maksimileveys 3 500 mm ja paksuus välillä 60 – 400 mm. CLT:n valmistuksessa käytetään suomalaista PEFC –sertifioitua puuta. *Hoiskon* vuosituotantokapasiteetti alkaa 40 000 m<sup>3</sup>:sta nouden vuoden 2018 suunniteltujen investointien myötä 70 000 m<sup>3</sup>:iin. (*Hoisko CLT Finland* 2016)

*Ammattiopisto Lappian CLT –oppimisympäristö* on elementtivalmistuksen ja -rakentamisen CLT-oppimisympäristö, joka sijaitsee Kemissä. Oppimisympäristö tarjoaa puu- ja rakennusalan opiskelijoille nykyaikaiset tilat ja laitteet sekä kehittää alan koulutusta ja luo yhteistyötä yritysten kanssa. (*Ammattiopisto Lappia* 2017)

*Pyhännän rakennustuote* osti Stora Enson Hartolan tilaelementtitehtaan kesällä 2016. Hartolan noin 20 000 neliön tuotantotilassa valmistetaan erityyppisiä tila- ja suurelementtejä *PRT-Pro*-tuotemerkillä. Yhtiö toimittaa puurakennuksiin valmiita runkoja, kattoja, seinäelementtejä, välipohjia ja parvekeratkaisuja, jotka asennetaan paikoilleen työmaalla. Hartolan tehtaan modernit tuotantolinjat mahdollistavat entistä monipuolisemmat rakenneratkaisut. Hartolan uuden tehtaan lisäksi yrityksellä on tuotantotilat myös Pyhännällä. (Rakennuslehti 2016)

## REFERENSSIKOhteita Suomessa

*Suomen luontokeskus Haltia* sijaitsee Espoossa, Nuuksion kansallispuiston välittömässä läheisyydessä. Kuvassa 1 oleva Haltia on Suomen ensimmäinen kokonaan massiivipuusta tehty julkinen rakennus. Rakennuksen kantava runko eli seinät, vesikatto ja välipohjat on tehty CLT -elementeistä. Rakennus on kellarikerrosta lukuun ottamatta puuta aina pintaverhoiluun asti. Haltian tavoitteena on toimia puurakentamisen lippulaivana ja esimerkin avulla innostaa suomalaisia rakennuttajia ja rakennusteollisuutta lisäämään puurakentamista julkisissa rakennuksissa ja kerrostaloissa. Rakentaminen alkoi marraskuussa 2011 ja avajaisia juhlittiin kesäkuussa 2013. Rakennuksen suunnitteli Arkkitehtitoimisto Lahdelma ja Mahlamäki Oy, puurakennerratkaisuista vastasi Stora Enso ja rakentamisesta YIT. (Suomen luontokeskus Haltia 2017)



**Kuva 1.** Luontokeskus Haltia (Suomen luontokeskus Haltia 2017)

*Puukuokka 1* on Jyväskylän Kuokkalaan valmistunut ensimmäinen 8-kerroksinen puukerrostalo loppuvuodesta 2014, samalle tontille on tulossa vielä kaksi samanlaista Lakea Oy:n rakennuttamaa kerrostaloa lisää. Kuvassa 2 esitetty luomus on Arkkitehtitoimisto OOPEAAn suunnittelema ja rakennettu Stora Enson toimittamista CLT -tilaelementeistä. Yksittäinen asunto muodostuu kahdesta tilaelementistä. Eteishal-

lin, keittiön ja kylpyhuoneen muodostuessa yhdestä konttielementistä, toisessa osassa sijaitsevat olo- ja makuuhuone sekä parveke. Tontin alle on rakennettu betonirakenteinen pysäköintihalli sekä varasto – ja tekniset tilat. As Oy Jyväskylän Puukuokka 1 palkittiin vuoden 2015 puupalkinnolla. (Puuinfo 2015)



**Kuva 2.** Puukuokka 1 (Puuinfo 2015)

*Kajaanin Rajamiehentien hoivakoti* on 1200m<sup>2</sup>:n nelikerroksinen kerrostalo, jonka rakennuttajana toimii Kainuun Sote. Rakennuksen kantavat rakenteet ovat massiivipuista CLT:tä. Elementti Sampo toimittaa hoivakotiin CLT -tasoelementit (suurelementit), pääurakoitsijana toimii Rakennusliike Halonen Oy, elementtiasennuksesta vastaa Rakennussaama Komulainen Ky ja suunnittelusta Timber Bros Oy. Hoivakodin on määrä valmistua tammikuussa 2017 ja siitä tulee asumispalveluyksikkö 15 kehitysvammaiselle, luonnospiirros esitettynä kuvassa 3. (Puuinfo 2017)



**Kuva 3.** Rajamiehentien hoivakoti (Elementti Sampo 2017)

*Kemin Sauvosaaren katsomo on rakennettu erilaisten puurakenteiden yhdistelmä-rakenteena, jossa CLT on keskeinen rakennusmateriaali. CLT –elementtien valmistus toteutettiin oppilastyönä Lappian CLT oppimisympäristössä, tuotantoon, elementtien kokoamiseen ja pintakäsittelyyn osallistui enimmillään 15 opiskelijaa. Kuvassa 4 olevan katsomon pystytyksestä vastasi Kemin kaupunki. (Ammattiopisto Lappia 2017)*



**Kuva 4.** Kemin Sauvosaaren katsomo (Pohjolan Sanomat 2016)

## LÄHTEET

- Ammattiopisto Lappia 2017. CLT-oppimisympäristö. Viitattu 20.1.2017 <http://www.lappia.fi/koulutusalat-lappia/clt-lappia/Sivut/default.aspx>
- Crosslam 2014. CLT-tuote. Viitattu 9.1.2017 <http://www.crosslam.fi/tuote.html>
- Elementti Sampo 2017. Tulevaisuuden rakentaja. Viitattu 11.1.2017 <http://www.elementtisampo.fi/>
- Hoisko CLT Finland 2016. Hoisko CLT Finland. Viitattu 9.1.2017 <http://www.hoisko.fi/fi/clt-rakentamisen-kumppani/>
- Pohjolan Sanomat 2016. Sauvosaari valmiina veikkausliigaan. Viitattu 20.1.2017 <http://www.pohjolansanomat.fi/lounaislappi/sauvosaari-valmiina-veikkausliigaan-15571222/>
- Puuinfo 2015. Vuoden 2015 Puupalkinto As Oy Jyväskylän Puukuokka 1:lle. Viitattu 26.11.2015. <http://www.puuinfo.fi/tiedote/vuoden-2015-puupalkinto-oy-jyv%C3%A4skyl%C3%A4n-puukuokka-ille>
- Puuinfo 2017. Valmistuneet puukerrostalot. Viitattu 9.1.2017 <http://www.puuinfo.fi/articles/valmistuneet-puukerrostalot>
- Rakennuslehti 2016. Pyhännän Rakennustuote osti Hartolan tilaelementtitehtaan. Viitattu 20.1.2017 <http://www.rakennuslehti.fi/2016/06/pyhannan-rakennustuote-osti-hartolan-tilaelementtitehtaan/>



Stora Enso 2013. CLT - Cross Laminated Timber. Viitattu 8. 12 2016 <http://www.clt.info/fi/tuote/>

Suomen luontokeskus Haltia 2017. Luontokeskus Haltia. Viitattu 17.1.2017 <http://www.haltia.com/fi/haltia-suomen-luontokeskus/>



# Kirjoittajat

Vatanen, Mikko  
Insinööri (AMK), projektipäällikkö  
Lapin AMK

Ahoranta, Tytti  
Insinööri (AMK), projektipäällikkö  
Digipolis

Sirkka, Antti  
Insinööri (AMK), projektipäällikkö  
Lapin AMK

Pirttinen, Valtteri  
Insinööri (AMK), projekti-insinööri  
Lapin AMK

**Artikkelikokoelmassa käsitellään** CLT:tä rakennusmateriaalina, sen ominaispiirteitä työmaatoiminnan sekä suunnitteluprosessin kannalta, ympäristövaikutuksia sekä esitellään Suomessa olevia CLT-toimijoita sekä referenssikohteita. Teoksen loppuun on kerätty CLT –toimijoita ja referenssikohteita Suomesta. Tämä tietoperusta on tarkoitettu jaettavaksi kaikille rakennusalan toimijoille, jotka ovat kiinnostuneet CLT:n mahdollisuuksista rakennusmateriaalina.

CLT -rakentamiseen liittyviä tutkimuksia on myös aiemmin toteutettu Digipolis Oy:n, ammattiohjeisto Lappian ja Lapin ammattikorkeakoulun yhteisessä hankkeessa. Vierailut tuotantolaitoksissa ja työmailla, osallistuminen alan koti- ja ulkomaisiin seminaareihin ja konferensseihin sekä perehtyminen CLT-rakentamista koskevaan kirjalliseen ja kuvalliseen aineistoon ovat omalta osaltaan vaikuttaneet ja antaneet lisätietoa nopeasti globaalistikin yleistyvistä massiivipuulementtirakentamisesta.

CLT -monipuolinen, nopea ja ekologinen rakennusmateriaali artikkelikokoelma toteutettiin Future possibilities for CLT -hankkeessa. Future possibilities for CLT (FCLT) -hanke toteutetaan monikansallisena tutkimusprojektina, jossa ovat mukana Luulajan tekninen yliopisto, Ruotsin tekninen tutkimusinstituutti (SP), Centria AMK, Digipolis Oy ja Lapin AMK. Hanke on käynnistynyt syyskuussa 2015 ja kestää toukokuuhun 2018. Pääasiallisena tavoitteena on edistää CLT:n monipuolista käyttöä sekä lisätä tietoutta CLT-rakentamisen mahdollisuuksista Interreg Pohjoinen -alueella.

**Interreg**  
Pohjoinen  
Euroopan aluekehitysrahasto



**DIGIPOLIS**

**LAPIN AMK**<sup>7</sup>  
Lapland University of Applied Sciences

[www.lapinamk.fi](http://www.lapinamk.fi)

ISBN 978-952-316-169-6