

Eero-Pekka Heikkilä (1700435 PMKV17km)

**LIIMAPUUN HYÖDYT  
RAKENTAMISESSA**  
Vertaileva tutkimus: Saimal Saimaa Oy

Opinnäytetyö  
Puumuotoilu

2022



**Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu**

Tutkintonimike	Muotoilija - Bachelor of Culture and Arts
Tekijä/Tekijät	Eero-Pekka Heikkilä
Työn nimi	Liimapuun käyttö rakentamisessa
Toimeksiantaja	Sammal Saimaa Oy
Vuosi	2022
Sivut	xx sivua, liitteitä x sivua
Työn ohjaaja(t)	Ari Haapanen – Heli Pöyry

## TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tilaajana toimii muotoilualan yritys Sammal Saimaa Oy, jonka pääasiallinen toimiala on kalustemuotoilu ja arkkitehtuurinen suunnittelu. Tavoitteena on tuoda liimapuun valmistuksesta konkreettista hyötyä toimeksiantajan kokonaisvaltaisempaan suunnitteluun ja mahdollistaa yrityksen tuotesuunnitteluun uusia näkökulmia liimapuun käytöstä. Opinnäytetyö sivuaa rakentamisessa syntyvien purkumateriaalien kiertotalousmahdollisuuksia ja hyödyntää rakentamisen purkuvaiheessa syntyvää jätettä omaan tuotesuunnitteluun. Opinnäytetyön tavoitteena on myös edistää liimapuun käyttöä ja lisätä tietoisuutta käytön hyödyistä. Tutkimustulokset luovutetaan havainnekuvineen tilaajalle.

Opinnäytetyön tuloksesta on hyötyä tilaajalle ja pientalorakentajille, jotka harkitsevat liimapuurakenteiden käyttöä tulevissa projekteissaan. Työn tarkoituksena on luoda tietoisuutta vanhan puun hyödyistä uusiokäytössä ja avata mikä merkitys kiertotalouden lisäämisestä tässä muodossa voisi olla rakentamisessa. Tässä työssä tarkastellaan eroja liimapuupalkkien ja runkopuuna käytettävien alkuperäisten puupalkkien välillä, näiden vahvuuksien eroja ja minkälaiset pientalorakennuksen käyttöikäerot ovat pidemmällä aikavälillä.

Tutkimusmenetelminä käytettiin vertailevaa, havainnoivaa ja tutkimuksellista näkökulmaa. Työssä nähdään myös viitteitä kehityspainotteisesta näkökulmasta ilman varsinaista ongelmankuvausta. Työn tarkoituksena on sukeltaa esimerkin kautta lyhyesti liimapuun ja liimapuupalkkien eroihin ja hyötyihin.

Opinnäytetyössä tarkastellaan liimapuupalkkien menetelmiä pientalorakentamisessa ja tutkitaan opinnäytetyön kohteena olevan, 70-luvun saneerauskohteen kautta koettuja rakentamisen menetelmiä. Saneerauskohteen syntyvää purkumateriaalia havainnoidaan kiertotalouden näkökulmasta ja miten materiaalia voidaan mahdollisesti jatkojalostaa, kierrättää ja hyödyntää uudelleen. 70-luvun rakennuksesta nähdään tutkimuksellisesta näkökulmasta esimerkkejä lautaverhoilun uusiokäytöstä ja minkälaiset perustelut antavat valmiuden käyttää rakennuksen vanhaa purkupuumateriaalia.

Opinnäytetyössä esiintyvässä pientalon rakentamisessa on käytetty 2019–2022 rakennetussa, 120 neliöisessä lisäosassa liimapuupalkkeja, ja vuosina 1977–1979 rakennetussa 200 neliöisessä osiossa alkuperäisiä runkopuupalkkeja, joiden eroavaisuuksia tässä raportissa tutkitaan. Opinnäytetyössä tarkastellaan myös tilaajan omia kokemuksia vanhan puun uusiokäytöstä ja hyvinä koettuja menetelmiä rakentamisessa. Työssä käytetään mallinnusohjelmalla toteutettuja pohja- ja 3D-kuvia.



Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu

**Asiasanat:** suunnittelu, kiertotalous, menetelmät, liimapuu

Degree title	Designer - Bachelor of Culture and Arts
Author (authors)	Eero-Pekka Heikkilä
Thesis title	Bachelor of Culture and Arts
Commissioned by	Sammal Saimaa Oy
Time	2022
Pages	xx pages, x pages of appendices
Supervisor	Ari Haapanen – Heli Pöyry

## ABSTRACT

Customer for this thesis is Sammal Saimaa Oy, whose main work field is architectural design and furniture design. The aim is to create concrete benefits from production of glulam to the customer's more comprehensive design and to enable new perspectives on the use of glulam in the company's product design. Thesis internes the circular economy possibilities of demolition materials generated during construction and utilizes the waste generated during the demolition phase of construction for its own product design. The aim of the thesis is also to promote the use of glulam and to increase awareness of the benefits of its use. The research results are presented to the public.

The result of the thesis will be useful for the client and house builders who are considering the use of glulam structures in their future projects. The purpose of the work is to create awareness of the benefits of old wood in reuse and clarifies how significance of increasing the circular economy in this form in construction. This work examines the differences between glulam beams and the original timber beams used as frame timber, the differences in the strengths, and the differences in the service-life of a detached house building over a longer period of time.

A comparative, observational and research perspective was used as the research methods. The work also shows references from a development-oriented perspective without an actual problem description. The purpose of this work is to dive briefly into the differences and benefits of glulam and glulam beams through an example.

The thesis examines the methods of glulam beams in detached house construction and examines the construction methods experienced through the 70's renovation project. The demolition material generated by the renovation project is observed from the perspective of the circular economy and how the material can possibly be further processed, recycled and reused. From a research perspective, the 70's building is seen as an example of the reuse of board cladding and the rationale answers for the use of building's old demolition wood material.

In the construction of the detached house in the thesis, glulam beams were used in the 120 sq. The thesis also examines the customer's own experiences of reusing old wood and methods that are perceived as good in construction. The work uses base and 3D images created with a Archicad modeling program.

**Keywords:** design, circular economy, methods, thesis



## SISÄLLYS

KESKEISET KÄSITTEET.....	6
<b>1 JOHDANTO .....</b>	<b>8</b>
<b>2 TUTKIMUSASETELMA JA MENETELMÄT.....</b>	<b>9</b>
2.1 Käsitekartta.....	9
2.2 Viitekehys .....	13
2.3 Tutkimuskysymykset .....	15
2.4 Produktiivinen tutkimus.....	16
2.5 Vertaileva tutkimus .....	16
<b>3 LIIMAPUU JA LIIMAPUUN KÄYTTÖ.....</b>	<b>18</b>
3.1 Liimapuun käyttö rakentamisessa .....	21
3.2 Kantavat seinät.....	21
3.3 Massiivipuinen kerrostalo CLT-tekniikalla .....	23
3.4 Pilaripalkkijärjestelmä .....	24
3.5 Tilaelementit .....	25
3.6 Hirsirakenteet .....	26
3.7 Mitallistettu runkopuu.....	27
3.8 Liimapuun hyödyt rakentamisessa .....	29
<b>4 KIERTOTALOUS RAKENTAMISESSA .....</b>	<b>31</b>
4.1 Ratkaisuja kiertotalouden turvin rakentamiseen.....	32
4.2 Uusia innovaatioita puusta kiertotalouden turvin .....	33
4.3 Norjalainen yliopistollinen tutkimus kiertotalouden hyödyntämisestä liimapuupalkkeihin .....	34
4.4 Betolar – Innovoiva yritys sementin kiertotalouteen .....	37
4.5 Purkupuumateriaalin hyödyntäminen saneerauskohteessa .....	37
<b>5 LIIMAPUUN KÄYTTÖ 70-LUVUN SANEERAUSKOHTEESSA .....</b>	<b>39</b>
<b>6 KANTAVAT RAKENTEET LIIMAPUUSTA UUTEEN LISÄRAKENNUKSEEN.....</b>	<b>41</b>
<b>7 UUSI TUOTE LIIMAPUUSTA TEKNOLOGIAA HYÖDYNTÄEN.....</b>	<b>43</b>
<b>8 TUTKIMUKSEN LUOTETTAVUUDEN ARVIOINTI.....</b>	<b>47</b>

<b>9</b>	<b>JOHTOPÄÄTÖKSET .....</b>	<b>48</b>
<b>10</b>	<b>POHDINTA.....</b>	<b>50</b>
	LÄHTEET	
	KUVALUETTELO	
	TAULUKKOLUETTELO	

## KESKEISET KÄSITTEET

### Kiertotalous - Circular Economy

Kiertotalousmallissa yritetään säästää luonnonvaroja. Kiertotalousajattelu –ja toimintamallissa tuotteet valmistetaan kestävästi ja niiden käyttöikä yritetään jatkaa mahdollisimman pitkälle huoltamalla ja korjaamalla. Kun tuote on käytetty loppuun, se hajotetaan ja tuotteesta valmistetaan jotain uutta. Uuden tuotteen valmistuksessa minimoidaan aina jätteen määrää. (Kierto 2022).

### Puurakentaminen - Wood Construction

Puu on ainoa rakennusaine, joka uusiutuu elinajan aikana. Puulla saadaan arkkitehtonisesti kiinnostavia ratkaisuja ja puumateriaaleilla rakennetaan kestävä kehityksen mukaisesti. Puu sopii sisätiloihin, rakenteisiin ja julkisivuihin. Puun käyttöä on ryhdytty käyttämään julkisessa rakennussektorissa, koska puurakentaminen pienentää kuntien hiilidioksidipäästöjä. (Ramboll 2022.)

### Suunnittelu - Design

Suunnittelulla heijastetaan yleensä jonkin toiminnan, esineen, rakennuksen, tai tilan ulkonäköä graafisten merkkien avulla sekä kaksi –ja kolmeulotteisten mallinnusohjelmien avulla. Voidaan viitata myös toiminnallisia ja visuaalisia ominaisuuksia, joilla tarkoitetaan jotain animaattista tai elotonta kohdetta. (Encyclopedia 2022.)

### Vastuullisuus - Responsibility

Vastuullisuudella saadaan yritykselle strategista kilpailukykyä ja kehitetään yritystä parempaan kestäviin toimintaperiaatteiden mukaisesti. Yritys rakentaa vastuullista, sosiaalista, taloudellista ja ekologista toimintaa. Liiketoiminnan ajurina toimii kestävä kehitys. (Aalto yliopisto 2022.)

### Vähähiilinen tulevaisuus - Low-carbon Future

Vähähiilisessä toiminnassa analysoidaan tulevaisuuden megatrendejä ja näiden vaikutuksia maailman yleiseen tilanteeseen. Suuressa roolissa vähähiilisemmän tulevaisuuden kannalta pidetään liikennettä, energiantuotantoa, jätehuoltoa, puhdasta vettä, rakentamista, teollisuutta ja biotaloutta. Edellä mainittujen sektoreiden ongelma-alueita selvitetään sekä suunnitellaan parempia ratkaisuja jokaiseen yksittäiseen sektoriin. (Sjøstedt 2015.)

## 1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan vertailevana tutkimuksena liimapuun hyötyjä verrattuna perinteisiin runkopuupalkkeihin, joita on käytetty muun muassa 70-luvun rakennuksissa. Raportissa tutkitaan myös produktiivisena tutkimuksena mahdollisia uusia tuotteita, joita muotoilualan suunnittelijat voisivat liimapuusta suunnitella ja valmistaa.

Liimapuu valmistetaan yleensä männystä tai kuusipuusta. Huonekaluteollisuudessa liimapuuta valmistetaan vastaavasti useasta puulajista.

Puu on ympäristöystävällinen, energiatehokas ja uusiutuva rakennusaine. Liimapuussa puuraaka-ainetta on käytetty tavallista sahatavaraa tehokkaammin. Puutavaraa kuluu vähemmän, kun käytetään liimapuuta, siksi liimapuun käyttö on suositeltavaa. Liimapuu on uutta luovien ihmisten perinteinen puutuote. Yli sadan vuoden käyttökokemus on osoittanut sen pysyvän kestävyuden ja kauneuden. Liimapuulla tarkoitetaan lamelleista liimaamalla valmistettua rakenteellista puutuotetta. Liimapuurakenteilla on hyvä palonkesto. Ne eivät taivu kuumuuden vaikutuksesta ja hiiltymissyvyys tunnin palon jälkeen on noin 36 millimetriä. (Puuinfo 2020).

Kulutamme nyt luonnonvarojamme enemmän kuin koskaan, ja siksi uusiutuvat materiaalit, esimerkkinä puutuotteet ovat suuressa roolissa ratkaisemassa yleistä tilannettamme, varsinkin rakentamisessa. Tässä työssä tarkastellaan puun käytön ekologisuutta, ja minkälaiset ratkaisut voivat olla hyviä kiertotalousajattelussa ja purkupuumateriaalien uusiokäytössä.

Kotimaisen puun käyttö rakentamisessa ja myös tuotesuunnittelussa lisää työpaikkoja Suomessa, tuo vientiä ulkomaille ja tuottaa esimerkiksi bioenergiaa kotimaiseen käyttöön ja vientiin.

Tässä raportissa toimii esimerkkinä 70-luvun rakennus, jota on laajennettu liimapuupalkkeja hyödyntäen. Rakennuksesta vertailevana kohtana on perinteisempi runkopuupalkki, jossa jännevälilyötykuorma on paljon pienempi verrokkiinsa liimapuupalkkiin, joka taas on huomattavasti kestävämpi vaihtoehto alkuperäiseen, eli perinteiseen runkopuupalkkiin.

Liimapuuta on valmistettu jo pitkään ja liimapuun hyödyt ovat jo hyvin tunnettuja useassa maassa. Varsinkin Pohjoismaissa, joissa halutaan lisätä, ja tutkia

uusien vaihtoehtojen puutuoteteollisuuteen ja rakentaa puumateriaaleista kestäviä rakennuksia.

Toivottavaa on myös edistää purkupuumateriaalien hyödyntämistä saneerauskohteissa ja tutkia minkälaiset ominaisuudet vanhasta puusta antavat mahdollisuuden kierrättää purkupuumateriaalia uudelleen, ja enenevässä määrin nimetään lautaverhouksessa käytettyä puuta.

Norjalaisessa yliopistossa toteutettu uusi tutkimus myös puoltaa kiertotalouden hyödyntämistä liimapuupalkkeihin, jotka on toteutettu vanhoista, kerätyistä lautatuotteista. Tämä lisää liimapuun vetovoimaa tulevaisuuden rakennusmateriaalina.

Tässä työssä on tarkoitus myös innovoida uutta tuotetta työn tilaajalle liimapuusta valmistettuna ja luoda tähän vetovoimaa teknologiaa hyödyntäen.

## **2 TUTKIMUSASETELMA JA MENETELMÄT**

Raportissa käytetään produktiivista –ja vertailevaa tutkimusta, jonka tarkoituksena on selvittää helpommin opinnäytetyön kysymyksiä ja esitellään viimeisimpiä omien projektien tuloksia. Esityksien ja vastauksien saamiseksi raportissa hyödynnetään, ammattisanastoa, käsitekarttaa, viitekehystä, 3D-suunniteluohjelmaa, Photoshopia, Illustratoria ja haastatteluja puualan asiantuntijoilta.

### **2.1 Käsitekartta**

Käsitekartta on tiedon esittämistä kuvallisessa muodossa. Asiat esitellään muodossa, että käsitteiden välille muodostuu verkosto.

Käsitekarttaa käytetään aihepiirien kuvailemiseen ja jäsentelemiseen. Käsitekartalla havainnollistetaan käsitteitä, käsitteiden suhteita ja kokonaisuuksia.

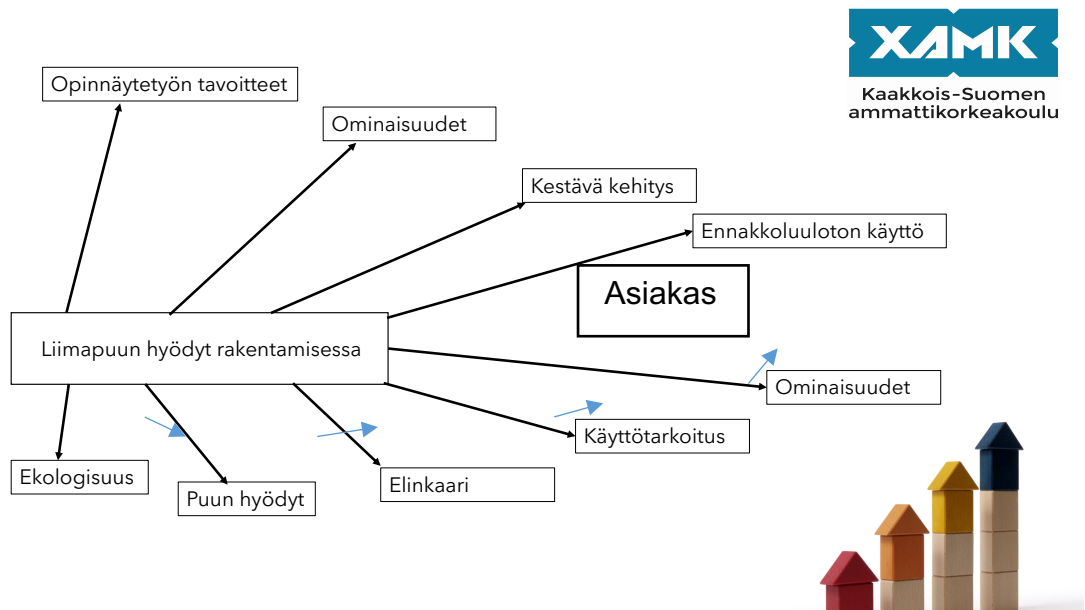
Käsitekartan taso, laajuus, esitystapa ja muoto määräytyy tilanteen mukaan.

Käsitekarttaa voi käyttää moneen eri tarkoitukseen:

- ideointiin ja ideoiden esittämiseen,
- suunniteltaessa monimutkaisia pitkien tekstien rakenteita, www.sivustoja,
- Ajatusten jäsentämistä, esimerkiksi syy- ja seuraussuhteiden kuvaamista,
- Näkökulmien kuvailua,

- opiskeluiden apuna, integroimalla uutta ja ennen opittua tietoa,
- mittaamalla ymmärtämistä ja väärinymmärrystä. (Seitamaa-Hakkarainen s.a)

Seuraava kuvaa käsitekarttaani liimapuun hyödyistä.



Kuva 1. Käsitekartta (Heikkilä 2022)

Käsitekarttaan on luotu tärkeimpinä koettuja konteksteja selkeyttämään opin-  
näytetyön kulkua. Liimapuun hyödyt ovat keskiössä, jotka enemmässä määrin  
kaikki ohjautuvat tämän opinäytetyön tavoitteisiin. Alakategoriat eivät tässä  
työssä määrittäneet tavoitteen kulkua vaan ytimekäs linja suoraan tavoitteen-  
seen. Asiakas on keskiössä tilaajana, joka on sijoitettuna käsitekarttaan vas-  
taanottajana ja tiedon jakajana. Asiakas on kuitenkin tässä raportissa tärke-  
ässä roolissa tarpeidensa täyttäjänä. Käsitekarttaan on liitetty:

- 1) Ekologisuus, joka on nykypäivän tuotevaatimuksissa suunnittelun lähtö-  
kohdissa standardisoitu. EU:n kiertotalouspaketissa esitetään, että tuot-  
teiden täytyy olla kestäviä ja korjattavia. (Työ –ja elinkeinoministeriö &  
Ympäristöministeriö 2022).

Ekologinen puutuote menestyy markkinoilla, koska puu sitoo jo itses-  
sään hiilidioksidia, on ympäristöystävällinen, energiatehokas ja puussa  
on silmin nähtävää kauneutta. Puutuotteiden valmistuksessa käytetään  
ainoastaan vähän fossiilisia energianlähteitä, joka tarkoittaa, että

varsinaisen rakennustuotteen hiilijalanjälki on pieni. On hyvä muistaa, että uutta rakennusta suunniteltaessa puu vaihtoehtoisena rakennusmateriaalina varastoi hiilen, jonka hiilidioksidi on poissa ilmakehästä koko rakennuksen käyttöiän, mahdollisesti satoja vuosia.

- 2) Käsitekarttaan on sijoitettuna puun hyödyt, joita ovat muun muassa palokestävyys, rakennekestävyys, eikä liimapuussa ole käytännössä teknisiä rajoitteita. Puuta voidaan työstää mihin muotoon tahansa ja puuta on myös helppo työstää. Pituusrajoitteita liimapuupalkeilla taas on.
- 3) On liimapuun elinkaari, sillä se voi oikein käsiteltynä, suojattuna ja hoidettuna kestää hyvänä satoja vuosia, ellei jopa elinikäinen. Käyttökokeemus ja tutkimukset osoittavat, että liimapuu on painoonsa verrattuna vahvimpia rakennusmateriaaleja.
- 4) Käyttötarkoitus, jota on pohdittava rakentamisessa, varsinkin uusiutuvan raaka-aineen mittarilla, koska rakentaminen ja rakennuksien käyttäminen aiheuttaa merkittävän määrän hiilidioksidipäästöjä.
- 5) Liimapuun ominaisuudet esimerkiksi lujuudet, kestävyudet ja liimapuunpysyvyys muodossaan.
- 6) Kuudes kohta tarkoittaa ennakoluulotonta käyttöä, koska puussa on tulevaisuutemme uusiutuvana materiaalina. Puun käyttöä halutaan lisätä rakentamisessa. Uusimmat tulokset ja laskelmat osoittavat, että puurakentaminen leikkaa päästöjä nopeasti, joka parhaimmillaan säästää 1,4 miljoonaa tonnia rakentamisen päästöjä. (Granlund Consulting 2020.)

Puhumattakaan siitä, paljonko puu sitoo rakennusmateriaalina valmiiksi jo hiiltä. Suomen hallitusohjelman päästötavoitteisiin on otettu yhtenä tavoitteena lisätä Suomessa puurakentamista tulevaisuudessa. Tämä tarkoittaa siitä, että Suomen valtio hallitusohjelmassaan tukee ja kehittää tulevaisuuden Suomen puurakentamista.

- 7) Kohta käsitekartassa viittaa paljon myös ensimmäiseen kohtaan, mutta suunnittelijoiden on paljon enemmän panostettava suunnittelussa kestävämpään kehitykseen, kestäviin ratkaisuihin, jotta jätämme seuraaville sukupolville paremman ja eheämmän tulevaisuuden.
- 8) Kohdassa kahdeksan viitataan ominaisuuksiin, ei pelkästään puun ominaisuuksiin, vaan mitä voidaan vielä tästä vihreästä kullasta valmistaa. Tässä työssä muotoilijat, arkkitehdit ja suunnittelijat ovat suuressa roolissa ratkaisemassa puun käytön tulevaisuutta, ja myös kuluttajat, jotka

voivat innovoida ja keksiä uusia tuotteita omilla käyttökokemustiedoillaan.

- 9) Viimeisessä kohdassa keskiössä on tämän opinnäytetyön tavoitteet. Mitä haluamme saavuttaa, mihin olemme liimapuun käytössä menossa, miten voisimme ratkaista liimapuun käyttöä lisäämällä tätä suunnittelussa, miten lisäämme myyntiä? Miten kuluttajat saadaan kiinnostumaan entisestään liimapuun käytöstä, jotka ovat aloittamassa uutta taloprojektia, talolaajennusta, tai saneerauskohdetta?

Suomen hallituksessa puurakentaminen on tunnistettu yhtenä hiilidioksidipäästöjen leikkurina ja edistää vähähiilisyttä Suomen kunnissa. Puusta rakentamisen lisääntyvää käyttöä halutaan kehittää ja tukea. Kehittämisessä nousee esiin osaamisen lisääminen ja kunnille sopivien uusien menettelytapojen löytämistä ja käyttöönottoa.

Julkiselle puurakentamiselle on asetettu vauhdikkaat kasvutavoitteet, joka tarkoittaa puurakentamisen nopeaa yleistymistä. (Mattsson 2022).

Ongelmakohtiakin löytyy vaikka puuta Suomessa riittää, koska puutuotantomme on ollut tähän saakka paljolti vientipainotteista. Kysymys kuuluu riittääkö puutuotannon kapasiteetti myös kotimaan haluttuun tuotantoon?

Metsät ovat pysyneet Suomessa liki muuttumattomana sitten vuoden 1920 joka tarkoittaa, että puiden määrä riittäisi myös kotimaan kysyntään. (Natural Resources Institute Finland 2022).

Silloin kysymys ohjautuisi myös yksityisille metsänomistajille, jotka omistavat Suomen metsistä 60 prosenttia? Valtion omisteisuus Suomen metsistä on 26 prosenttia, metsäteollisuus yhdeksän prosenttia ja muut yhteisöt loput viisi prosenttia. (Metsien omistus 2020).



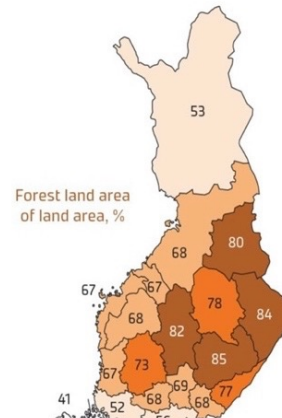


We're often asked are we running out of forests soon due to utilizing our green gold.

The total area of forest land in Finland has remained fairly unchanged in recent decades. Compared to the 1920s, the total forest land area has yet increased due to the ditching of low productive peatlands.

Source: Natural Resources Institute Finland

[#woodfromfinland](#) [#slowbynature](#)



Kuva 2. Suomen metsien pinta-alat (Natural Resources Institute Finland 2022)

Tällä hetkellä Venäjä on ollut yksi puun tuontimaista, joka on varmistanut puun riittävyyden kotimaan kysyntään ja nimenomaan myös puurakentamiseen. Hinta on ollut ratkaisevana tekijänä ulkomaisen puun tuonnille, koska se on ollut huomattavasti edullisempaa ostaa Venäjältä kuin paikallisesti. Suomalainen puu muualla maailmassa on todella kysyttyä ja tästä ollaan myös valmiita maksamaan enemmän kuin kotimainen puuteollisuus. Hinta on ollut yksi jarruttava tekijä kotimaisen puunkäytön kehitykselle myös puurakentamisessa.

Suomen metsissä on sanottu olevan tulevaisuus, jota on kuvattu myös vihreäksi kullaksi. Tämä antaa toivoa mahdollisesti ratkaista monta ekologista ongelmaa, joista ei ole vielä ennätetty tehty tutkimustyötä.

## 2.2 Viitekehys

Opinnäytetyön aihetta tarkastellaan viidestä erilaisesta kulmasta, jotka on esitelty alla olevassa viitekehyksessä. Tutkimus on ensijaisesti asiakaslähtöinen ja keskiössä on opinnäytetyön varsinainen aihe: Liimapuun hyödyt rakentamisessa.

Aihetta tutkittiin vertailevana tutkimuksena liimapuun hyödyt verrattuna runkopuuhun 48x148 mm:n ja esimerkkinä oli 70-luvun rakennus, jossa liimapuun hyödyt korostuivat rakennuksen edellä mainittuun vanhaan runkopuuhun. Tutkimuksen alla oli myös lyhyt kyselytutkimus neljältä puualan ammattilaiselta. Kysymyksenä oli ainoastaan missä näet liimapuun tulevaisuuden?

Kysymykseen jokainen haastateltava sai vastata vapaasti, eikä aihetta haluttu tehdä liian johdattelevaksi vaihtoehtoisilla kysymyksillä. Vastausten saamista oli kuitenkin haasteellista saada, jotta tämä opinnäytetyö pysyi aikataulussaan ja lopulta kolme vastasi kyselyyn.

Kaikilta kolmelta haastateltavalta vastaukset olivat pitkälti samanlaisia ja kysymyksessä ”liimapuun tulevaisuudesta” vastaukset ilmenivät, että:

- a) Liimapuuta käytetään tulevaisuudessa huomattavasti enemmän,
- b) Kotimainen puu tulee lisäämään vetovoimaa,
- c) Liimapuusta tullaan keksimään uusia variaatioita.

Aihetta tarkasteltiin lyhyesti myös kiertotalouden näkökulmasta, jossa esimerkkinä otettiin purkupuuna tarkoitetun rakennuksen lautaverhoilun uusiokäyttö.

Liimapuun aihetta lähestyttiin pitkälti kerätyistä lähteistä, joiden perusteella analysoitiin:

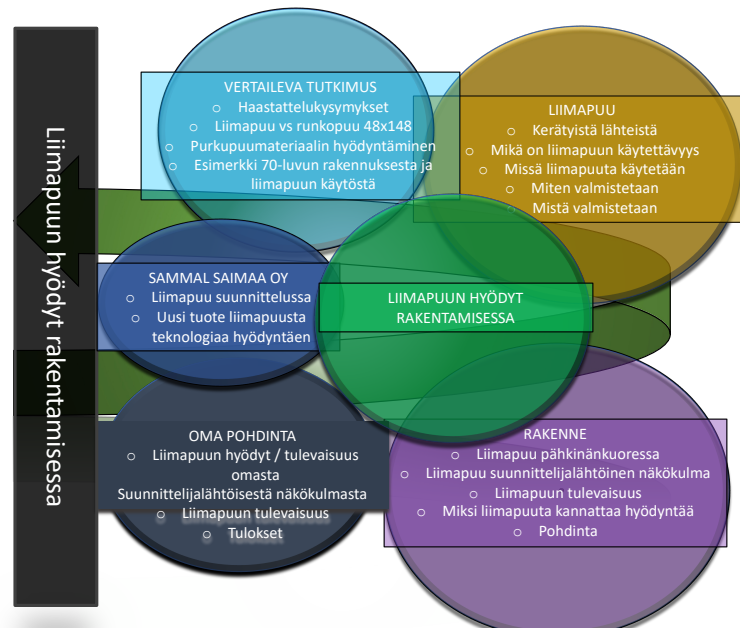
- a) käytettävyyttä?
- b) Missä liimapuuta käytetään?
- c) Miten valmistetaan?
- d) Mistä liimapuuta valmistetaan?

Omapohdinnan näkökulmasta haluttiin analysoida:

- a) Liimapuun tulevaisuutta ja hyötyjä suunnittelijälähtöisestä näkökulmasta?
- b) Mitä tuloksia tästä opinnäytetyöstä saatiin haastattelukysymyksen johdosta?

Opinnäytetyön kokonaisrakennetta tarkasteltiin kolmen aiheen näkökannasta: Mitä, miksi ja milloin?

Alla viitekehys esiteltynä kuvallisesti.



Kuva 3. Viitekehys (Heikkilä 2022)

Tutkimuksen teoreettinen viitekehys tarkoittaa näkökulmaa, miten tutkimuksen aihetta tarkastellaan. Tarkasteluun kuuluu perehtyminen aikaisempaan aihetta koskevaan tutkimuskirjallisuuteen, keskeisten käsitteiden määrittäminen, tutkimuksessa käytettävän lähestymistavan valitseminen ja avaaminen lukijalle. ”Teoreettinen viitekehys on siis ikään kuin punainen lanka, joka ohjaa tutkimusta ja toisaalta suhteuttaa sen muuhun oman tieteenalansa tutkimukseen. Ennen kaikkea se vastaa siihen kysymykseen, mitä näkökulmaa nimenomaan tässä tutkimuksessa käytetään. (Soininen.)

Viitekehysten määrittelyä toimivat erilaiset näkökulmat tähän työhön ja kuinka ne rajaavat työn kulkua.

### 2.3 Tutkimuskysymykset

Opinnäytetyön vertailevana tutkimuksena tarkasteltiin liimapuun ja perinteisen runkopuun vahvuuksien eroja ja toisena näiden elinkaarioja? Raportissa tarkasteltiin alakysymyksinä purkupuumateriaaliksi tarkoitetun lautaverhoilun hyödyntämistä uudelleen rakentamisessa ja minkälaiset syyt mahdollistavat puun uusiokäytön? Opinnäytetyössä tutkittiin tilaajan toiveiden mukaan uutta tuotetta liimapuusta, johon on mahdollista hyödyntää integroitua teknologiaa?

Ennen toteutusta oli tehtävä varsinainen käsittekartta ja viitekehys, jotta työnkulku tähän työhön helpottui ja toimintojen kulkua pystyi kuvaamaan.

toteuttaa. Opinnäytteen pääkysymys olisi voinut laajentua liikaa ja tämän es-tääkseen, oli tutkimuksessa hyvä olla kolme alakysymystä, joiden avulla ra-portti ei laajentunut liikaa.

## 2.4 Produktiivinen tutkimus

Selvästi erottuvassa produktiivisessa opinnäytetyössä on produktio-osio, joka on jokin projekti, tuote, malli tai muu vastaava ja on aina suunnattu yritykselle. Produktio-osiossa on yleensä myös portfolio, piirustukset, esityskuvat, mallit, ja dokumentointi, eli työskentelyn aikana syntyy valmis työkokonaisuus. Produktiivisessa opinnäytetyön tutkielmassa opiskelija osoittaa tuntevansa alansa kirjallisuutta ja hallitsee oman ammattialan tutkimus- ja kehittämisme-netelmiä sekä selkeätä kirjallista ilmaisua. (Muotio 2021.)

## 2.5 Vertaileva tutkimus

Vertailevalla tutkimuksella tarkoitetaan tutkimusstrategiaa, jossa hahmotetaan valittujen tapauksien tai sosiaalisten yksiköiden välisiä yhtäläisyyksiä ja eroja. Vertailun kohteena voivat olla esimerkiksi erilaiset tapaukset, prosessit tai maantieteellisesti rajautuneet yksiköt, jotka on todettu jollain tavoin yhteismi-tallisiksi ja sen vuoksi vertailukelpoisiksi. Vertaileva tutkimus voi perustua sekä määrällisiin aineistoihin ja tilastollisiin analyysimenetelmiin että laadullisten ai-neistojen ja analyysimenetelmien käyttöön. (Vertaileva tutkimus 2015.)

Opinnäytetyön pääkysymyksessäni vertailen liimapuupalkkien hyötyjä verrat-tuna esimerkkinä 70-luvun pienrakennuksissa käytettäviin alkuperäisiin runko-puupalkkeihin?

Vertailtavaa tutkimusta toteutettaessa on syytä miettiä kahta asiaa: Miksi ver-taillaan ja mitä halutaan saada selville? Vertailevat tutkimuksen voidaan jakaa tavoitteiden mukaisesti:

- 1) teorioita testaavaan,
- 2) teorioita kehittävään ja
- 3) kuvaileviin tutkimuksiin.

Edelleen vertailevassa tutkimuksessa voidaan pyrkiä löytämään havaintota-pausten tai tutkimuskohteiden välillä niin eroja kuin yhtäläisyyksiäkin.

(Esaiaasson ym. 2003, 99–169.)

Taulukko 1. Kvantitatiivinen tutkimus. (Keman 199,13)

Tutkimuskysymys	Tutkimusasetelma	Ongelma tai varoitus
Yleinen vai erityinen	Mahdollisimman samanlaiset vai mahdollisimman erilaiset	Sisäinen validiteetti ja Ulkoinen validiteetti
Kuvaileva Kartoittava Testaava	Aidosti vertaileva Valikoidut tapaukset Kausaalisuus	Monta muuttujaa Vertailtavuus Galtonin ongelma
Muuttujat Havaintoarvot Havaintoyksiköt	Muuttujat Indikaattorit Tapaukset	Ulkoinen validiteetti Sisäinen validiteetti Selektiivisyys
Kvalitatiivinen Kvantitatiivinen	Yhdenmukainen informaatio Luotettava aineisto	Vertailun systemaattisuus Ekologinen virhepäätelmä
Evaluaatio Ongelmanratkaisu Teoria	Benchmarking Manipulaatio Kattava	Diskurssiavaruus Muuttujien valinta Prudentiaalisuus

Vertailevan tutkimuksen erilaisia muotoja voi edelleen hahmottaa sen mukaan, kuinka monta tapausta valitaan vertailtavaksi, mikä on niiden suhde perusjoukkoon sekä kuinka monena ajankohtana tutkimuskohdetta tarkastellaan? Tällä perusteella erilaisia vaihtoehtoja voi esittää esimerkiksi seuraavan taulukon avulla.

Taulukko 2. Kvalitatiivinen tutkimus. (Keman 1999, 28)

		Vertailtavien tapausten määrä ja suhde perusjoukkoon				
		Yksi tapaus		Muutama tapaus		Kaikki relevantit tapaukset
	Yksi ajankohta	Tapaustutkimus				"Cross-section"
Tarkastelu-ajankohdat	Muutama ajankohta			"Closed universe"		
	Kaikki relevantit aikayksiköt	Aikasarja-analyysi				"Pooled analysis"

Metodologisesta perspektiivistä katsottuna vertailevassa tutkimuksessa voidaan käyttää hyväksi niin kvantitatiivisia kuin kvalitatiivisiakin tutkimusmenetelmiä. (Keman 1999, 28.)

### 3 LIIMAPUU JA LIIMAPUUN KÄYTTÖ

Liimapuu koostuu ohuista puusuikaleista, jotka liimataan vastakkain kiinni, yleensä pituussuuntaisesti. Puusuikaleet ovat 2–45 millimetrin paksuisia. Liimapuun standardimääritelmä on SFS-EN 14080 ja lujuusluokka GL30C. (Puu-info 2021.)

Alla esimerkkejä liimapuulevyistä eri paksuuksilla, joita käytetään muun muassa kalusteteollisuudessa.



Kuva 4. Liimapuulevyt (Taloon.com 2022)

Ensimmäisiä liimapuita on tavattu 1900-luvun alussa Saksassa. Vastaavasti ensimmäiset pohjoismaalaiset liimapuukurakennelmat toteutettiin Ruotsiin 1920-luvulla. Suomessa ensimmäisiä liimapuukurakenteita ryhdyttiin käyttämään toisen maailmansodan jälkeen ensimmäisenä laivarakentamisessa helpon ja nopean työstettävyyden vuoksi. (Liimapuukäsikirja 2003).



Kuva 5. Liimapu. Toiselta nimeltään tunnettu myös massiivipuuna (Puuinfo 2022)



Pohjoismaiden yhteisenä hankkeena syntyi helpommin suunnittelijoita ja rakennuttajia lähestyttävämmät liimapuukäsikirjat 1–3. Hankkeella haluttiin varmistaa helpon tiedon saanti hakemalla liimapuusta tietoa halutulla hakukoneella. Liimapuukäsikirjat ovat käännetty jo usealle kielelle, jotta erilaiset kansallisuudet huomioisivat suunnitteluissaan myös liimapuuvaihtoehdon, joka voisi korvata rakentamisessa mahdollisesti jonkin toisen esimerkiksi uusiutumattoman raaka-aineen. (Puuinfo 2020).

Liimapuusta saa paljon konkreettista tietoa niin suunnitteluun ja liimapuun ominaisuuksiin vieraillemalla puuinfon kotisivuilla. Käsikirjan lähtökohtana oli, että kukin osallistuva maa halusi muokata englanninkielisistä käsikirjoista maansa standardit ja parametrit huomioivat liimapuukäsikirjansa, jotka ovat helposti kaikkien löydettävissä ja ketkä tarvitsevat tietoa liimapuun käyttöön liittyvistä ominaisuuksista. (Liimapuu 2021).



Kuva 6. Mänty Liimapuupalkki (Puutieto 2022)

Liimapuuta saa standardikokoja monenlaisia erilaisilla vahvuuksilla, jänneväleillä ja muodoilla.

Liimapuuta saa myös tilaamalla haluamallaan paksuudella, pituudella, muodolla ja vahvuudella, jotka ovat asiakkaan oman projektin mukaan suunniteltuja. Teollisesti käytettäviä liimapuulevyjä saa erilaisilla paksuuksilla, joita käytetään muun muassa huonekaluteollisuudessa, esimerkiksi pöydän kansissa. Liimapuuta kutsutaan toiselta nimeltään myös massiivipuuksi.



### 3.1 Liimapuun käyttö rakentamisessa

Puutuotteita voidaan käyttää lähes kaikessa rakentamisessa. Puurakenteita voidaan käyttää eri käyttötarkoituksissa, liimapuuta matalimmissa kerrostaloissa, CLT-elementtejä (Cross Laminated Timberwood), sekä LVL-elementtejä (viilupuu) korkeimmissa kerrostaloissa ja uutena vaihtoehtona on tullut rakentamiseen viilupuun ja sementin yhdistelmä massiivirakenteena.

Kaikkea edellä mainittua käytetään myös pientalorakennuksissa ja siltarakentamisessa. Liimapuuta käytetään myös ovissa, ikkunoissa, sisustuksessa ja kiintokalusteissa.

Puurakentamista koskevat samat säädökset ja standardit kuin muutakin rakentamista. Keskeisiä eroja muuhun rakentamiseen verrattuna ovat, että puurakentamisessa on paljon erilaisia materiaali-, runkojärjestelmä- ja rakennustapavaihtoehtoja. Puurakentamiseen ei ole valmiita rakentamiskonsepteja, vaan konseptit toteutetaan valmistajakohtaisesti. Puurakenteiden suunnittelu vaatii enemmän, ja on suositeltavaa valita heti rakennuskohteen alusta alkaen valmis suunnitteluryhmä.

Palomääräysten selvittäminen on tärkeää projektin alusta alkaen, joka vaatii aina osaavat henkilöt.

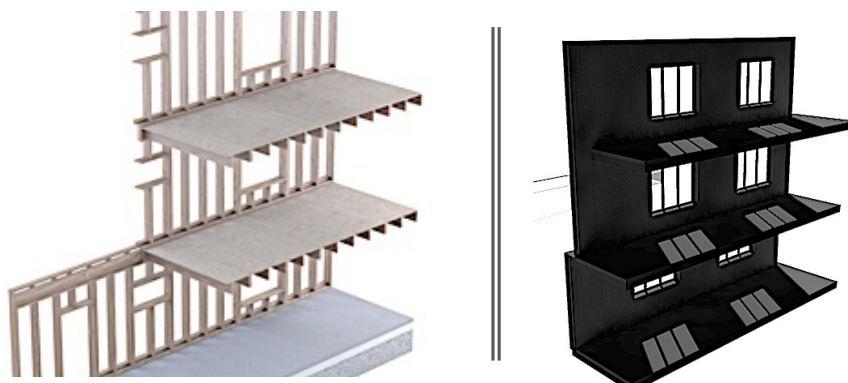
Kaksikerroksisissa puurunkorakennuksissa täytyy olla pakollinen automaattisammutus-sprinklausjärjestelmä, joka lisää puurakentamisen kustannuksia ja on hyvä huomioida aina projektin alusta ja kulu tule yllätyksenä varsinaisissa kustannuksissa esiin myöhemmin. Vaikkakin liimapuun paloturvallisuus on suhteellisen hyvä, turvallisuus on kuitenkin huomioitavaa, koska liimapuusta ja CLT-rakentamisesta ei ole vielä niin paljon käytännön kokemusta kerrostalorakentamisessa. (Puuinfo 2020).

Vuosia mittaavaa käyttökokemusta mahdollisesta paloturvallisuuden heikkenemisestä CLT-rakentamisesta ei myöskään Suomesta vielä löydy. Hankeosapuolten puurakentamisen osaamisen varmistaminen on tärkeää ennen projektin alkua. (Puuinfo 2020).

### 3.2 Kantavat seinät

Puutaloissa yleisimmin käytetty runkojärjestelmä on kantaviin seiiniin perustuva kerroksittainen runkojärjestelmä. Kantavat seinät voidaan toteuttaa

rankarakenteisilla tai massiivipuuisilla suurelementeillä. Puisilla välipohjarakenteilla päästään noin seitsemän metrin jännemittoihin. Kantavia linjoja ovat tavallisesti rakennuksen ulkoseinät ja osa väliseinistä, tavallisesti huoneistojen väliset seinät. Lattiat ja myös osa seinistä toimivat talon jäykistävinä rakenteina.



## Rankarakenteinen elementti

(Puuinfo 2021)

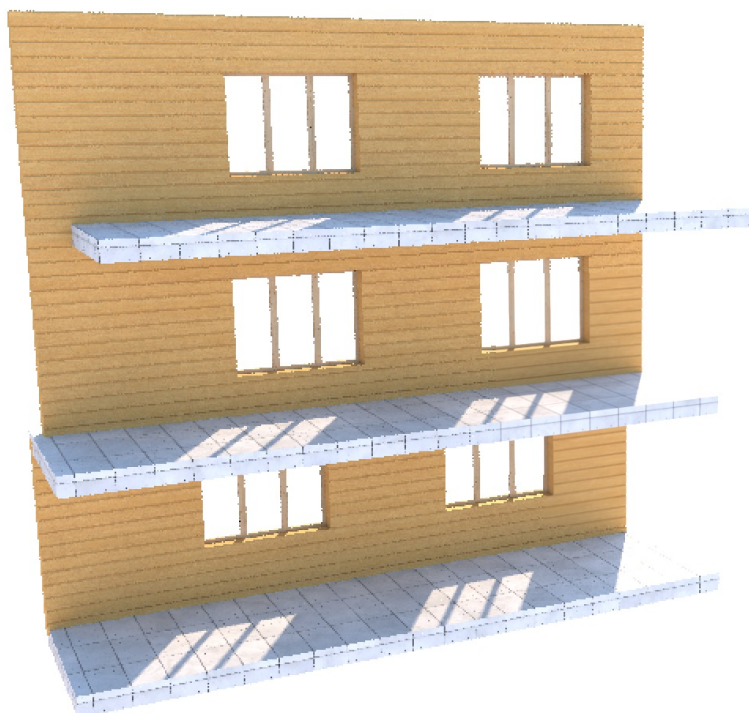
Kuva 7. Rankarakenteinen elementti (Puuinfo 2020)

Rankarakenteinen elementti on yleisimpiä keinoja rakentaa puurunkoinen rakennus. Korkeissa rakennuksissa seinät rakennetaan liima- tai kertopuusta. Edellä mainitulla tavalla voidaan rakentaa yli nelikerroksisia rakennuksia. Kantavat ja ei-kantavat seinät ovat rakenneperiaatteiltaan samanlaisia. Välipohjarakenteet voidaan valita vapaasti. Pitkät jännemitat ovat mahdollisia kantavan rakenteen korkeutta lisäämällä, joka antaa vahvuutta rakenteelle. Jännemittoja voidaan kasvattaa myös betonin ja puun yhdysrakenteilla, jolloin puhutaan niin sanotuista hybridirakenteista. Rankarakenteisista rakennuksista on Suomessa pitkä kokemus ja paljon tutkittua tietoa.

Rankarakenteella saavutetaan hyvä energiatehokkuus ja ilmatiiviys, niin sanottuihin passiivitasoihin asti. Tekniikkaa ja tapaa rakentaa kyseisellä tyylillä on useanlaisia. Rakenne – ja tyyppiratkaisut voidaan toteuttaa kohteen mukaisesti. Hybridirakenteet muiden materiaalien kanssa monipuolistavat rakenteen käyttömahdollisuuksia entisestään. Rakenteiden painumat ovat vähäisiä. Elementit ovat nopeita rakentaa, jonka takia rankarakenne on myös suosittu tapa rakentaa. Asennus työmaalla voidaan tehdä säältä suojassa. (Puuinfo 2020.)

### 3.3 Massiivipuinen kerrostalo CLT-tekniikalla

Kantavat seinät voidaan toteuttaa CLT-elementein, joka tarkoittaa ristiin liimatua massiivipuuta (CLT: Cross Laminated Timberwood). Elementti toimii sekä puukerrostalojen kantavana että jäykistävänä rakenteena seinissä ja välipohjissa. Aukotukset ja liitokset tehdään levyihin tehtaalla tarkasti tietokoneohjautulla jyrsinällä. CLT-elementtejä saa maksimikokoon 3 x 16 metriin saakka ja sitä on saatavilla useita eri vahvuuksia.



## CLT-elementti

( H E I K K I L Ä 2 0 2 2 )

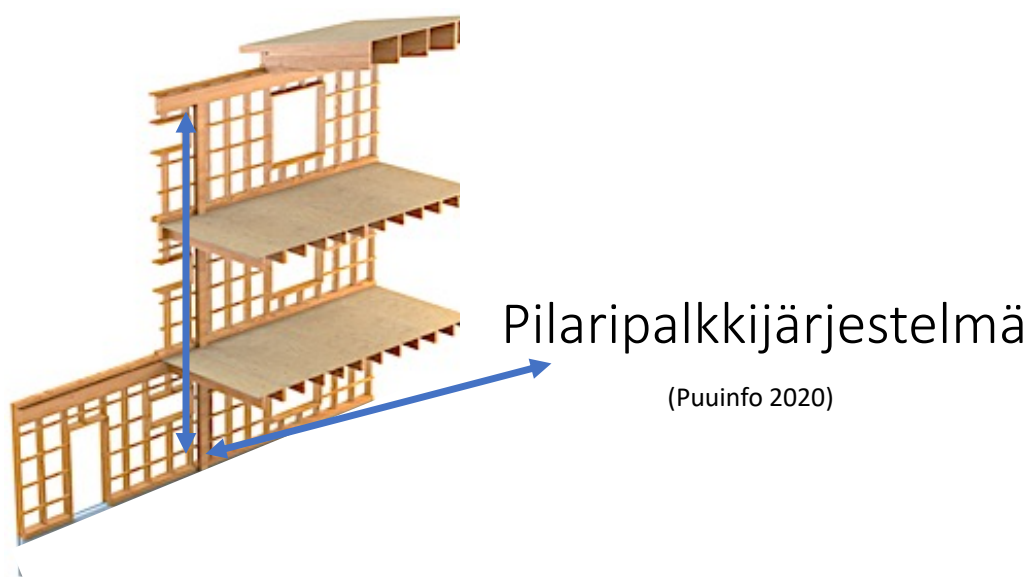
Kuva 8. CLT-elementti (Heikkilä 2022)

Norjassa Brumunddalissa sijaitsee korkein CLT-elementeillä toteutettu puukerrostalo, joka valmistui vuonna 2019. Rakennuksessa on 18-kerrosta ja 85,4 metriä korkeutta. Tästä korkeammat rakennukset ovat yleisesti

hybridirakenteilla rakennettuja. Elementtejä toimitetaan halutussa valmiusasteessa mukaan lukien eristeet, pintamateriaalit, ikkunat ja ovet. Toimitus voi sisältää myös asennuksen. CLT-tekniikka on yleinen rakennustekniikka esimerkiksi Englannissa, Saksassa ja Itävallassa. CLT:n kehittäjä on itävaltalainen arkkitehtuurin professori Gerhard Schickhofer. CLT esiteltiin nykyisessä muodossaan yleisölle vuonna 1994 (Puuinfo 2020).

### 3.4 Pilaripalkkijärjestelmä

Pilari-palkkijärjestelmässä rakennuksen runko muodostuu liima- tai kertopuista pilareista ja palkeista, joiden varaan väli- ja yläpohjatasot sekä ulkoseinät asennetaan. Rungon jäykistys tehdään tavallisesti vinositein jäykkien liitosten avulla tai mastopilarein. Pilaripalkkijärjestelmällä voidaan saavuttaa avoin, muuntojoustava pohjaratkaisu ja suuret aukotukset julkisivuissa. Järjestelmä mahdollistaa vapaan ja joustavan tilasuunnittelun sekä seinien aukotuksen.



Kuva 9. Pilaripalkkijärjestelmä (Puuinfo 2020)

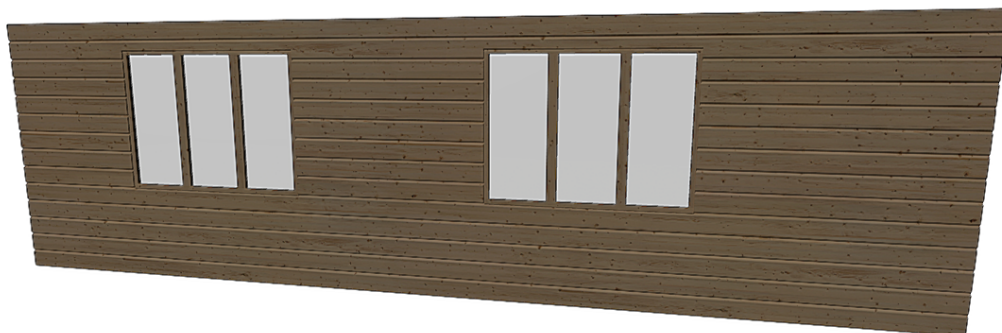
Koska kantavia väliseiniä ei ole, huoneistojen välisiä seiniä on helppoa muunnella rakennuksen elinkaaren aikana. Rakennejärjestelmä tarjoaa hyvän muuntojoustavuuden. Yhdenmittaisista pystyrakenteista johtuen rakennuksessa ei ole painumia. Rakennusvaihe työmaalla on erittäin nopea. Vesikatto saadaan valmiiksi jopa muutamassa päivässä, jonka jälkeen talolla on sääsuoja. Ulkoseinät asennetaan keveinä suurelementteinä. Eristepaksuus ja ulkoverhousmateriaali ovat valittavissa. (Puuinfo 2020.)

### 3.5 Tilaelementit

Tilaelementtitekniikka on rakentamistapa, jossa rakennus kootaan erillisistä tehtaalla valmiiksi kootuista elementeistä. Tilaelementti muodostuu tavallisesti kantavasta rungosta ja rajaavista pinnoista, esimerkiksi:

- a. valmiista seinistä,
- b. lattiasta,
- c. ja katosta.

Elementit valmistetaan kokonaan säältä suojassa tehdasolosuhteissa. Elementteihin asennetaan tehtaalla ikkunat, LVIS-varustus ja tarvittaessa myös kiinteät kalusteet. Tilaelementin kantava rakenne voidaan toteuttaa usealla eri tavalla, esimerkiksi pilari-palkki-, kehäelementeillä tai laattamaisilla suurelementeillä. (Puuinfo 2020.)



Kuva 10. Tilaelementti. (Heikkilä 2022)

Tilaelementtitekniikan avulla saadaan kaksoisrakenteessa hyvä äänieristys rakenteisiin. Tilaelementtien enimmäismitta on 12 x 4,2 x 3,2 metriä. Elementtien ja moduulijärjestelmän mitoituksen suunnittelussa on otettava huomioon elementtien kuljetuksen asettamat rajoitukset. Tilaelementtitekniikka soveltuu erityisesti pienasuntokohteisiin ja asuntoloihin. Tilaelementtitekniikkaa käytettäessä työmaarakennusvaihe on hyvin nopea. Nopeutensa vuoksi järjestelmä on erinomainen täydennysrakentamisessa ja esimerkiksi lisäkerrosten tekemisessä. Se sopii myös matalaenergiarakentamiseen. Ruotsissa tilaelementtitekniikkaa käytetään yleisesti puukerrostalorakentamisessa. (Puuinfo 2020.)

### 3.6 Hirsirakenteet

Hirsirakentaminen kuuluu perinnerakentamiseen ja on luonnollinen rakennusmateriaali. Hirsitalossa rakennuksen kantavat rakenteet ovat toteutettu hirsistä. Hirsirakennuksien hirsityylit ovat:

- Pyöröhirsi on pyörösivuinen, käsin tai koneellisesti muotoiltu hirsi. Teollisen pyöröhirren läpimitta on sama koko mitaltaan, tyvestä latvaan.
- Pelkkahirsi on tasasivuseksi muotoiltu hirsi. Voidaan veistää myös perinteisesti käsin pelkkakirveellä. Pelkkahirsi edustaa käsityövaltaista perinnerakentamista.
- Kelohirsi on kelottuneesta männystä valmistettu hirsi.
- Lamellihirsi vastaavasti on useammasta puusta liimaamalla valmistettu puutuote.



Kuva 11. Pyöröhirsi. (Puuproffa 2022)

Pyöröhirsiä käytetään pääasiassa loma-asuntoihin, sekä erilaisiin varastoihin ja latoihin. (Puuinfo 2020.) Pyöröhirren etuja on, että vääntyileminen on vähäistä. Teollisessa veistotavassa on hyvä muistaa veistää hirttä niin, että sydänpuu pysyy keskellä hirttä, jotta vääntyilyä ei syntyisi puuhun. (Puuproffa 2022).



LAMELLIHIRRET (HONKA 2022)

Kuva 12. Lamellihirret (Honka 2022)

Lamellihirret kootaan liimaamalla useammasta puusta ja höyläämällä hirsi profiiltaan halutuksi. Rakenteen etuina ovat hirren tasaiset ominaisuudet ja joissakin hirsityypeissä myös vähäinen kokoon painuminen. (Puuinfo 2020.)



Kuva 13. Pelkkahirsi (Puuproffa 2022)

Perinteistä pelkkahirttä käytetään yleensä asuin- ja lomarakennuksiin, aittoihin ja pihasaunoihin. Suomessa hirret valmistetaan tavallisesti männystä. (Puuinfo 2020.)

### 3.7 Mitallistettu runkopuu

Yleisin tapa puutalon rakentamiseen on Suomessa rakentaa rankarakenteinen puurakennus, jossa yleisesti käytetään rakenteissa 48 x 148 millimetrin kokoista mitallistettua puutavaraa. Mitallistettu runkopuu on otettu mukaan tähän raporttiin vertailevan osuuden takia.



Jotta Suomen metsien kestävän kehityksen periaatteita tuetaan ja noudatetaan hyvää rakennustapaa rakentamisessa, on suositeltavaa käyttää C24-luokiteltua runkopuuta. C24-luokituksella varmistetaan, että runkopuun laatu on erinomaista ja runkopuusta ei löydy paljon oksia, halkeamia tai jotain muita vikoja, jotka vaikuttavat runkopuun kantavuuden heikentymiin. (K-rauta 2022).

Kuvassa runkopuuna käytettyä kuusipuuta ja mäntyä.

48 x 148 C24  
mitallistettu runkopuu:  
Mänty



(Byggmax 2022)

48 x 148 C24  
mitallistettu runkopuu:  
Kuusipuu



(K-rauta 2022)

Kuva 14. Runkopuu 48 x 148 (Byggmax & K-rauta 2022)

Mitallistettua 48 x 148 millimetrin kokoista runkopuuta voidaan käyttää rakentamisessa:

- a) Puulattiarakenteissa,
- b) Puukattorakenteissa,
- c) Väliseinärakenteissa,
- d) Ulkoseinärakenteissa,
- e) ja välitiloissa.

Edellä mainittua mitallistettua runkopuuta on suosittua käyttää rakentamisessa, koska kyseistä runkopuuta voidaan hyödyntää käytännössä kaikissa kantavissa rakenteissa. 148 x 148 mm mitallistettua C24-luokituksen omaavaa runkopuuta valmistetaan kuusipuusta, tai männystä.

Runkopuun käyttöikä vaihtelee missä kohtaa rakennusta runkopuuta on rakentamisessa käytetty. Välitiloissa, puukattorakenteissa ja väliseinärakenteissa runkopuun käyttöikä on pitempi, kun taas ulkoseinärakenteissa ja maan



lähellä olevat puurunkorakenteet ovat alttiimpia sään vaihteluille ja näin ollen puun lahoamisille sekä homehtumiselle.

Näissä tilanteissa on suositeltavaa käyttää kyllästettyjä AB-luokassa olevia 48 x 148 mm mitallistettua runkopuuta. Elinikäodotus on noin 15–20 vuotta.

(Luonnonvarakeskus 2016).

Pisimpiä eliniänodotuksia annetaan puurankarakenteisille omakotitaloille ja puukerrostaloille (40–70 vuotta). Suoraa vastausta on vaikea arvioida, koska rakennuksien eliniänodotukseen vaikuttavat esimerkiksi sään vaihtelut ja minkälaiseen maastoon rakennukset ovat sijoitettuna. Jopa jokaisella tontilla voi olla erilaiset tilanteet sään vaihteluissa.

Tällä tarkoitetaan sitä, että muun muassa maa-ainekset vaihtelevat eri puolilla Suomea, jotka vaikuttavat suoranaisesti myös puutalorakentamisen käyttöikään. Käyttöikään vaikuttavat myös rakennuksien huoltovälien pidentäminen ja kiinteistöhuoltojen laiminlyönnit. Jokaisella rakenteella on oma parasta ennen-päiväys, joten on suositeltavaa noudattaa rakenteiden huolto – ja vaihtoaikoja, jotta rakennuksille saadaan enemmän käyttöaikaa ja säästetään tulevaisuudessa huoltokustannuksissa. Huoltotoimenpiteiden noudattamisella on myös hiilidioksidipäästöjen kannalta olennainen osa esitettävänä, koska toimenpiteillä vältytään tulevaisuudessa turhilta remonttikustannuksilta.

On myös suositeltavaa paneutua vanhojen puurakennuksien korjaushistoriaan, koska suunnitelmallisella huollolla voidaan säästää tutkimuksien mukaan jopa 30 prosenttia kustannuksia ja pidennetään puutalojen eliniänodotusta. (Raksystems 2020).

### **3.8 Liimapuun hyödyt rakentamisessa**

Rakennusala kotimaassa tuottaa viimeisimpien tutkimuksien mukaan kaikista hiilidioksidipäästöistä noin 30 prosenttia. Kotimaan hiilidioksidipäästöistä jopa 12 prosenttia koostuu rakennustuotteiden valmistamisesta ja tästä prosentuaalisesta määrästä 90 prosenttia aiheutuu teräksen ja betonin valmistuksesta. (Siparila 2020.)

Hiilidioksidipäästöjen vähentäminen lisää painetta rakentamiseen tulevaisuudessa, koska maapallon väestön arvioidaan kasvavan 11 miljardiin ihmiseen. Tämä kiihdyttää myös rakentamista entisestään. Rakennusmenetelmien on

kuitenkin muututtava betoni sekä teräsrakentamisesta, koska vanhan tavan mukaiset rakennusmenetelmät toisivat lisää ilmastopäästöjä ja toimintaa ei rakennettaisi kestäväen kehityksen mukaisesti.

Tutkimukset osoittavat kiistatta puurakentamisen hyödyt maapallon hiilidioksidipäästöjen vähentämisessä. (Heino 2020). Tällä hyödyllä tarkoitetaan kaikkea puurakentamista, mutta puukerrostalojen kokonaishyödyt ilmastopäästöjen vähentämisessä ovat huomattavasti suuremmat, kuin puisten omakotitalorakennusten. Syitä tähän ovat, että puukerrostaloissa asuu enemmän ihmisiä, materiaalikustannukset suhteessa asuntomäärään ovat pienempiä ja materiaalia kuluu vähemmän. Puukerrostalot rakennetaan nykypäivänä lähes aina liimapuumenetelmin.

Julkitilarakentamisessa on myös tavoiteltu siirtymistä puurakentamiseen monien hyötyjen vuoksi ja, koska kyse on puusta niin julkitiloja rakennetaan poikkeuksetta liimapuumenetelmiä käyttäen. Hiilidioksidipäästöjen minimointikaan ei ole puurakentamisen kiinnostuksen ainoita syitä. Viimeisimmät tutkimukset osoittavat, että Suomen ensimmäisen CLT-koulurakennuksen oppilaiden stressitaso oli pienempi, kuin vertailuna samalla paikkakunnalla sijaitsevan 1950-luvulla rakennetun kivikoulun oppilaiden. Samassa tutkimuksessa ilmeni, että CLT-koulurakennuksen ilmankosteuden vaihtelu ja melutaso oli pienempää, kuin kivistä rakennetussa koulussa. (Kilpeläinen & Sutinen 2022.)

Muita hyötyjä liimapuulla rakentaessa ovat:

- a) Palokestävyys, joka antaa enemmän aikaa pelastautua tulipalon yllättäessä.
- b) Liimapuun jännevälit voidaan rakentaa pidemmiksi.
- c) CLT-elementtirakentaminen voidaan toteuttaa kuivassa tilassa ja on nopea tapa pystyttää elementit työmaalla.
- d) Liimapuulla on vähäinen kosteudenvaihtelu.
- e) Liimapuu sitoo hiiltä.
- f) Hyvin hoidettuna liimapuu kestää satoja vuosia.
- g) Liimapuu on kevyttä ja vaatii vähemmän logistiikkaa kuin esimerkiksi betonitalo. Puurakennus on jopa 80 prosenttia kevyempi, kuin betonitalo. (Heino 2022).

- h) Liimapuulla on hyvä akustiikka.
- i) Liimapuulla on hyvä ääneneristys.
- j) Liimapuuta on helppo muokata.

Edellä mainitut vain muutamia mainitsemia liimapuun hyötyjä rakentamisessa. Liimapuussa on tulevaisuus, mutta tätä ennen monia vääriä uskomuksia puusta on vielä kumottava, jotta muu maailma näkee liimapuun enemmän monin tavoin kannattavampana rakennusmateriaalina, kuin esimerkiksi betonin tai teräksen sijaan.

#### **4 KIERTOTALOUS RAKENTAMISESSA**

Rakentaminen, kuten muukin ihmisen taloudellinen toiminta, noudattaa tällä hetkellä lineaarisen- talouden mallia, jossa ehtymättöminä pidettyjä luonnonvaroja käytetään tavalla, joka tekee materiaaleista elinkaarensa lopussa jätettä. Lineaaritalous noudattaa tyypillisesti suoraviivaista reittiä arvonnluomisessa:

- a) Raaka-aineita kerätään
- b) ja niistä tehdään tuotteita,
- c) joita käytetään,
- d) kunnes ne hävitetään jätteenä. (Versnellingshuis Nederland circulair 2020.)

Arvonluominen perustuu mahdollisimman monen tuotteen tuottamiseen ja myymiseen sekä mahdollisimman korkean myyntikatteen saavuttamiseen. Tämä ohjaa välttämään toimia, jotka lisäävät kustannuksia tuotannossa tai esimerkiksi jätteenkäsittelyssä. Näin asiat, jotka eivät suoraan tuota yritykselle lisäarvoa, kuten ympäristönsuojelu tai ihmisoikeudet, jäävät usein huomioimatta. Lineaaritalouden vauhdittamana ihmisen muokkaaman materiaalin määrä on ylittänyt elollisen biomassan määrän maapallolla ja tästä määrästä ylivoimaisesti suurin osa muodostuu rakentamiseen käytettävistä materiaaleista (Elhacham 2020.)

Samalla Euroopan Unionin alueella rakennus- ja purkujätteen osuus jätevirroista on 70 prosenttia, joten uudentlaisille tavoille käsitellä materiaaleja on

suuri tarve. Ratkaisuja kestävämpään luonnonvarojen käyttöön sekä jätteen syntymisen ehkäisyyn halutaan saavuttaa kiertotaloudesta. (EEA 2020.)

Kiertotalous pyrkii pitämään raaka-aineet kierrossa, eli neitseellisten raaka-aineiden käyttö minimoidaan, tuotteiden ja niiden osien uudelleenkäyttö maksimoidaan ja elinkaarensa päässä tuotteiden raaka-aineet palautetaan kiertoon uusiksi raaka-aineiksi. Arvonluominen perustuu arvon säilyttämiseen. (Versnellingshuis Nederland circulair 2020.)

Kiertotalouden toimintamalleihin kuuluvat jätteen ja hukkan minimointi, jakaminen, kunnostaminen, korjaaminen, uudelleenkäyttö ja kierrätys. Talouskasvu ei kiertotaloudessa perustu luonnonvarojen kulutukseen, koska pyrkimyksenä ei ole tuottaa uutta, vaan hyödyntää vanhaa jo käytössä olevia materiaaleja. (Sjöstedt, 2018.)

#### **4.1 Ratkaisuja kiertotalouden turvin rakentamiseen**

Ekologisuus, kiertotalous ja ympäristöystävällisyys ovat arkkitehtuurissa, muotoilussa ja tuotesuunnittelussa jo enemmän sääntö kuin poikkeus. Mittarina voi pitää liiketoiminnallista, tai suunnittelijälähtöistä näkökulmaa. Kuluttajat ovat nykypäivänä myös paljon valveutuneempia ekologisemmassa rakentamisessa kuin 30 vuotta sitten, jolloin ekologinen rakentaminen oli enemmän markkinoinnin suunnittelema houkutin.

Kuluttajan syyt ekologiseen rakentamiseen voi ajaa halu olla edelläkävijänä, tai tuoda ilmastotavoitteisiin oman kortensa kekoon. Ekologisen työn taakka on kuitenkin valtava muutosprojekti, koska Suomen asuntokanta on suhteellisen vanhaa ja rakentamisen kustannukset ovat suuria.

Toivottavaa kuitenkin olisi, että niin vanhat kuin uudet rakennukset rakennettaisiin puumateriaaleista, koska puumateriaaleja voidaan rakennuksien mahdollisissa purkutoimenpiteissä käyttää uudelleen ja esimerkiksi energian saantiin. Uudet rakennukset on kuitenkin syytä tehdä:

- 1) Pitkäikäisiksi.
- 2) Muunneltaviksi ja monikäyttöiseksi.
- 3) Helposti huollettaviksi ja korjattavaksi.

- 4) Kunnostetaan rakennuksen purkupuumateriaaleja ja hyödynnetään muita kierrätettäviä materiaaleja.

Suomi on sitoutunut hyödyntämään 70 prosenttia rakennuksien purkujätteestä. Tästä tavoitteesta ollaan vielä jäljessä Suomen hyödyntäessä tänä päivänä 60 prosenttia edellä mainitusta purkujätteestä. (Hakaste s.a).

Ongelmanratkaisuja kuitenkin löytyy ja esimerkiksi rakennuksien betonijätteet voitaisiin hyödyntää tietöiden yhteydessä betonimurskeeksi tien pohjaan.

Maapallon pelastamiseksi ollaan kääriänyt hihat ja olemassa olevien toimenpiteiden lisäksi tarvitaan rohkeutta innovoida myös täysin uusia ratkaisuja kiertotalousajatteluun. Huomioitavaa onkin, kuinka suomalaiset yritykset painavat innovoinnissa maailmanlaajuisesti etunenässä.

#### **4.2 Uusia innovaatioita puusta kiertotalouden turvin**

Koskinen ja Stora Enso ovat kehittäneet yhteistyössä kalusteteollisuuteen maailman ensimmäisen 100 prosenttisesti puupohjaisen kiertotaloudesta tuotetun ja valmistetun kalustelevyn. Kalustelevy, Zero-tuoteperheen esikoinen, valmistetaan Koskisen levytehtaalla Heinolassa. Koskisen kalustelevyjen materiaali saadaan yrityksen vaneritehtaan ja sahan sivuvirroista. Zero-tuotteissa levyjä koossapitävän aine Neolignon® ligniini puolestaan on eroteltu Stora Enson Sunilan tehtaan selluprosessista omaksi sivuvirrakseen. Levyn raaka-aineet ovat siis täysin puuperäiset. (Koskinen.)



Kuva 15. Zero kalustelevy (Koskinen 2022)

Kiertotalouden näkökulmasta syntynyt kalustelevy on erinomainen esimerkki innovatiivisuudesta ja mitä kaksi toimialansa kilpailevaa yritystä voi tuottaa yhdistämällä osaamistaan. Toimintamalli kiertotalous edellä edellyttää laaja-alaista yhteistyötä, jossa näkemykset ovat yhteisen – ja kestävän tulevaisuuden puolesta. Edellä mainittu innovatiivinen toiminta mahdollistavat ensi askeleita liimapuulevyille, jotka voitaisiin kehittää lähitulevaisuudessa vastaavanlaisia konsepteja hyödyntäen. Vastaavanlainen toiminta loisi uutta liiketoimintamallia, jossa esimerkiksi vanhojen puutuotteiden keräyspisteillä kerättäisiin talteen tarpeettomia, vanhoja puutuotteita, jotka voitaisiin hyödyntää materiaalivirraksi ja valmistaa yhtenä vaihtoehtona liimapuulevyjä.

### **4.3 Norjalainen yliopistollinen tutkimus kiertotalouden hyödyntämisestä liimapuupalkkeihin**

Rakennusala on yksi johtavista kasvihuonepäästöjen tuottajista ja jo pelkästään Euroopassa ala tuottaa hiilidioksidipäästöjä 40 prosenttia vuotuisista päästöistä. Jos uusiutumattomat materiaalit korvattaisiin huomioiden rakennusmääräykset ja säännöt uusiutuviin, niin tällä olisi merkittävä prosentuaalinen vaikutus maailmanlaajuisiin vuotuisiin hiilidioksidipäästöihin. (Rinne 2021).

Pelkästään puu rakennusmateriaalina on suuressa roolissa kamppailemassa yllä mainittua toimintaa vastaan ja puu uusiutuvana materiaalina vastaa tähän toimintaan.

Tähän työhön on haluttu tuoda norjalaisen yliopistollisen tutkimuksen myötä extramaili, joka on ryhtynyt tutkimaan vanhan puun uusiokäyttöä liimapuun ja CLT:n (**Cross Laminated Timberwood**) valmistuksessa. Tulokset ovat olleet todella lupaavia käytetyn puun uusiokäytöstä edellä mainittujen tuotteiden valmistuksessa. Tuotteissa ei ole tuloksien mukaan ollut minkäänlaisia ulkonäöllisiä eroja verrattuna uudesta materiaalista valmistettuun liimapuuhun. Käytetyn puun täytyy olla ainoastaan kuivaa, naulatonta ja tarpeeksi suoraa. Käytetyn puun liimapuun valmistuksessa ei ole tutkimuksessa myöskään löytynyt minkäänlaisia viitteitä paloheikentymisestä, tai heikkouksia jännevahvuuksissa. (Stenstad 2022.)



Kuva 16. Käytetystä puusta valmistettu CLT-prototyyppi (Stenstad 2022)

Lupaavat tulokset tämän kaltaisissa tutkimuksissa tuovat innokkaita pilkahduksia lähitulevaisuuden mahdollisesta rakentamiskulttuurista. Yksi edellä, muut yleensä perässä.





Kuva 17. Käytetystä puusta valmistettu CLT-proto (Stenstad 2022)

Toistaiseksi purkupuuta ei vielä hyödynnetä massatuotteistuksessa muuta kuin tutkimustyössä, vaikka tälle varmasti löytyisi kysyntää. Tutkimuksen lisäksi tarvitaan yhtenäiset asetetut määräykset ja säännöt purkupuumateriaalien hyödyntämisessä, jotta liimapuun valmistajat ottavat kokeilun kustannustehokkaasti käyttöön omassa tuotannossaan.



#### **4.4 Betolar – Innovoiva yritys sementin kiertotalouteen**

Betolar on uusi innovatiivinen suomalainen yritys, joka korvaa betonin raaka-aineena käytettävää sementtiä sivuvirtapohjaisella materiaalilla. Yrityksen tarkoitus on auttaa rakennusteollisuutta pienentämään CO<sub>2</sub>-päästöjä, vähentämään luonnonvarojen käyttöä ja saavuttamaan ilmastotavoitteet käytännössä. (Betolar 2021.)

Betolar auttaa energia-, kaivos, teräs –ja metsäteollisuutta tuottamaan sivuvirroista vähähiilisiä rakennusmateriaaleja, jopa täysin ilman sementtiä. Yrityksen teknologia mahdollistaa tehokkaasti kasvavien jätevirtojen hyödyntämisen, ja vauhdittaa vähähiilisyyden ohella muutosta kestävämpään rakentamiseen ja kiertotalouteen. Betolarin innovatiivisella toimintamallilla on jopa 80 prosenttia pienempi hiilijalanjälki (Betolar 2021.)

Kiertotalouden eteen tehdään paljon hyvää ja halutaan ratkaista globaalit ongelmat paremman tulevaisuuden puolesta. On hienoa huomata, että muullakin materiaalilla, kuin puutuotteilla on kehityksessä parempi tulevaisuus innovatiivisten yritysten turvin. Betolar jatkaa kehitystyötä ja auttaa teollisuutta löytämään jokaiselle toiminnanharjoittajalle parhaimpia ratkaisuja, yritys kerrallaan saavuttamaan tavoitteet hiilidioksidipäästöjen minimoimiseksi.

#### **4.5 Purkupuumateriaalin hyödyntäminen saneerauskohteessa**

Lautaverhoilusta syntyvää purkupuuta syntyy paljon rakennuksen ulkoverhouksen vaihdossa. Rakennuksen uuden lautaverhoilun sijaan olisi hyvä myös harkita vanhan olemassa olevan lautaverhoilun hyödyntämistä ja jatkojalostamista uudelleen käyttöön. Toiminnalla voidaan säästää isoja kulueriä, vaikka työtä kunnostaminen voi vaatia. Kaikkea vanhaa lautaverhoilua ei kuitenkaan aina voida hyödyntää, vaan joudutaan harkitsemaan myös useasti uuden verhoilun käyttöönottamista, ainakin osittaista vaihtoa uuteen puumateriaaliin.

Kun lautaverhoilun vaihtoaika tulee esille, niin on hyvä harkita niitä syitä, jotka mahdollistavat vanhan puun uudelleenkäytön:

- a) Tarkista laudan suoruus?

- b) Minkälainen laudan vahvuus on?
- c) Onko puussa sinisyyttä?
- d) Onko puun pinnassa tummumia?
- e) Onko pinnassa hometta?
- f) Näkyykö pinnassa muita mikrobeja, tai sieniä?
- g) Onko lauta kuivaa?
- h) Miltä puu tuoksuu, esimerkiksi onko puun pinnassa jonkinasteista maakeaa, tai imelää tuoksua?
- i) Muita mahdollisia värimuutoksia puun pinnassa?
- j) Onko puussa pehmeitä kohtia?
- k) Minkälainen on vahvuus ja jännite puulautatavarassa?

Kaikkia ongelmakohtia ei voida saada puun pinnasta aina pois, tai se voi olla hyvin työläs prosessi. Kaikkia työkalujakaan ei ole aina käytössä, jotka helpottaisivat vanhan puun työstöä esimerkiksi taso -, tai oikohöylää. Erilaisilla hio-makoneilla on myös kykyä hoitaa puun pintaa parempaan suuntaan. On syytä muistaa, että edellä mainitussa listassa on myös niitä ominaisuuksia, joita ei saada puun pinnasta millään pois. Silloin ei kannata ryhtyä edes kokeilemaan kunnostamista, vaan kannattaa uusia vanhat lautamateriaalit muiden rakennuksen huoltotutkimuksien jälkeen.

Home muun muassa voi pitkittyessään aiheuttaa rakennukseen muita vaurioita ja sisätilaan erilaisia epäpuhtauksia. Home aiheuttaa myös fyysisiä oireita ja jokainen voi kokea oireet erilaisina. Oireita voivat olla homevaurioiden pitkittyessä erilaiset krooniset hengitysoireet, väsymys, kutinatilat, päänsärky ja pahoinvointi. (Hakoniemi 2018).

Edellä mainitsemien oireiden takia puun tarkistamisessa täytyy olla todella tarkkana ja tästä syystä vanhaa puumateriaalia ei voida aina pelastaa ja uudelleen käyttää.

Vanhan lautaverhoilun tarkistaminen ja mahdollinen työstäminen on monesti suositeltavaa. Toiminnalla voi olla suuri merkitys rakennuskustannuksiin ja toistuessaan vuosikymmenien saatossa monesti, myös rakentamisen kiertotalouteen.





Näin sisätilaa voidaan muokata käytännössä mihin huonejakoon tahansa, tai luoda käsittämään yksi suuri 200m<sup>2</sup> tila. Tämänkaltaisiin muutostöihin liimapuupalkit sopivat mitä parhaiten.

Liimapuupalkit asennettiin lattiaan ja kattoon vuonna 2012, ja viimeisen kymmenen vuoden aikana rakennus ei ole enää painunut ainoatakaan senttimetriä. Koska kyseessä on puutalorakennus, normaalia puun elämistä tietysti aina tapahtuu, mutta palautuminen tapahtuu aina takaisin oikeaan suuntaansa. Suunnanmuutokset riippuvat puun elämisessä vuodenaajoista. Liimapuupalkkien asentaminen oli rakennuksen tulevaisuuden kannalta tärkeää, mutta myös, koska rossipohjaiseen rakennukseen valettiin 2012 kipsivalu, jonka päälle tuli 60x60 mm kiiltävä laattalasilaatta.

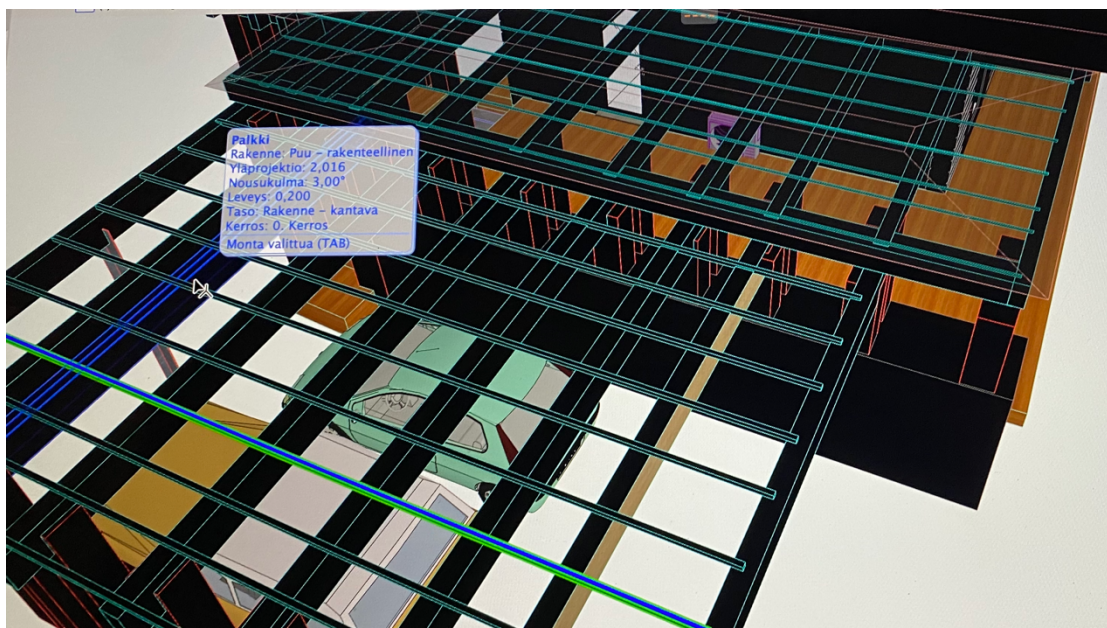


Kuva 21. Kokonaisrendauskuva (Heikkilä 2022)

Tiettyihin kohtiin rakennusta luotiin liikuntasaumot ja tänä aikana lattia on pysynyt lasermittauksella täysin suorana, eikä halkeamia ole syntynyt lasilaataan. Kipsivalua tietenkin on vaikea arvioida ja onko tässä tapahtunut mahdollisia halkeamia. Ennen kipsivalua lattiaan asennettiin lattiagyproc-levyt kattamaan koko lattiapinta-ala vahvistamaan ja estämään mahdollista lattialiikuntaa.

## 6 KANTAVAT RAKENTEET LIIMAPUUSTA UUTEEN LISÄRAKENNUKSEEN

Uusi lisärakennus valmistui 2021, jonka varsinainen käyttötarkoitus on kolmen auton talli ja 60m<sup>2</sup> terassialueen valokatesuoja. Terassialueella on oleskelutila, ulkoelokuvateatteri, ruokailutila ja kesäkeittiö aamiaisruokailutilalla. Autokatoksen takaosan päädyistä kuljetaan pääovelle, jonka kävelykuja pääovelle on toteutettu myös liimapuupalkeista.



Kuva 22. Rendaus liimapuupalkit. (Heikkilä 2022)

Uusi lisärakennus toteutettiin 900 millimetrin jaolla 315 x 120 x 6200 mm liimapuupalkein ja kantavuus on varmistettu reilusti yli rakentamismääräyksien. Suunnittelun lähtökohtana oli enemmän ulkonäöllinen vaikutus, vaikkakin liimapuupalkkien ekstramäärillä haluttiin varmistaa myös mahdolliset painumat, ettei näitä enää esiintyisi. Painumat, joita oli esiintynyt alkuperäisessä 1977 rakennetussa rakennuksessa.



Kuva 23. Uusi rakennus liimapuupalkeista. (Heikkilä 2022)

1977 rakennetun asuinrakennuksen vanha runko oli rakennettu 48x148 mm mitallistetulla lattiarunkopuulla, kattorunkopuut olivat samalla edellä mainitulla koolla, jonka jälkeen oli asennettu rakennuksen katon kattokehikko.



Kun liimapuupalkkien muutostöitä verrataan 70-luvun alkuperäiseen 48 x 148 millimetrin runkopuuhun, ero on niinkin valtava, että rakennus oli ajan saatossa painunut 170 mm. Kun tilalle vaihdettiin 120 x 315 millimetrin liimapuupalkit, painumia ei enää tämän jälkeen havaittu.



Kuva 24. Varjojen kuva liimapuusta (Heikkilä 2022)

Muutostöitä on kokonaisuutena tehty 70-luvun rakennukseen mittava määrä. Rakennus palvelee uutta asukasta uuden omakotitalon veroisin määräyksin ja rakennuksen kaikki huoltotoimenpiteet ovat tehty aikataulussa. Edellä mainitut työt valmistuivat lopulta kesäksi 2021.

## **7 UUSI TUOTE LIIMAPUUSTA TEKNOLOGIAA HYÖDYNTÄEN**

Kaupallisen kalustemarkkinan on ennustettu kasvavan 5.8 prosenttia vuoteen 2026, markkina-arvon ollessa kokonaisuutena noin 677 miljardia euroa. Tästä markkinasta noin 60 prosenttia valmistetaan maailmanlaajuisesti puumateriaaleista. Vetonaulana kasvunäkymässä on nimenomaisesti puumateriaaleista valmistetut tuotteet ja tuotteiden ennustetaan kasvavankin 5.6 prosenttia vuoteen 2026. Puu on samaisen tutkimuksen mukaan innostava materiaali ja kiinnostaa laajalti tuotesuunnittelussa muotoilijoita ja arkkitehtejä uusiutuvana raaka-aineena. Kysyntää siis puutuotteille riittää.

Pelkästään kauneudenhoitoalan kalustemarkkinoiden osuus edellä mainitusta markkinakokonaisuudesta ovat maailmanlaajuisesti satoja miljoonia euroja. Alan kalusteet ovat pääsääntöisesti kuitenkin valmistettu mdf:stä, lastulevyistä

ja metallimateriaaleista. Tässä kohtaa kyseisen alan markkinoita on suunnittelussa selkeä markkinarako, ja toivottavaa olisi luoda kysyntää kasvamaan globaalisti suositulla ja halutulla kotimaisella puumateriaalilla.

Covid-19 pandemia on myös ajanut monet koulutukset ja kokoukset verkkoon ja etätyötiloihin. Tästä syystä asiakaslähtöisessä suunnittelussa haluttiin tuoda teknologiaa mukaan uuteen tuotteeseen, joka olisi valmistettu kotimaisesta, ekologisesta ja uusiutuvasta puumateriaalista, kestävän kehityksen periaatteiden mukaisesti.

Suunnittelussa oli heti selvää, että yksi ainoa uutuustuote ei riitä kattamaan mahdollista kiinnostusta tuotteeseen, joten yhden tuotteen sijaan suunniteltiin kolme uutta tuotetta. Näiden kolmen tuotteen ympärille tuotiin vielä puumateriaalivalikoimaa, joka nostaa tuotteiden määrää niin, että kiinnostavuus kattaa monta mahdollisen ostajan erilaista makua. Tuotesuunnittelun kolme uutuustuotetta ovat:

- 1) Kaksipuoleinen keskilattiapeilipaikka, jossa molemmin puolin on alhaalta ylös saakka ulottuva peili.
- 2) Yksiosainen seinäpeilipaikka, jossa puolet edessä olevasta tilasta on peiliä ja puolet on liitutaalua tarvittavia muistiinpanoja varten.
- 3) Yksiosainen seinäpeilipaikka. Alhaalta ylös saakka ulottuva peili.

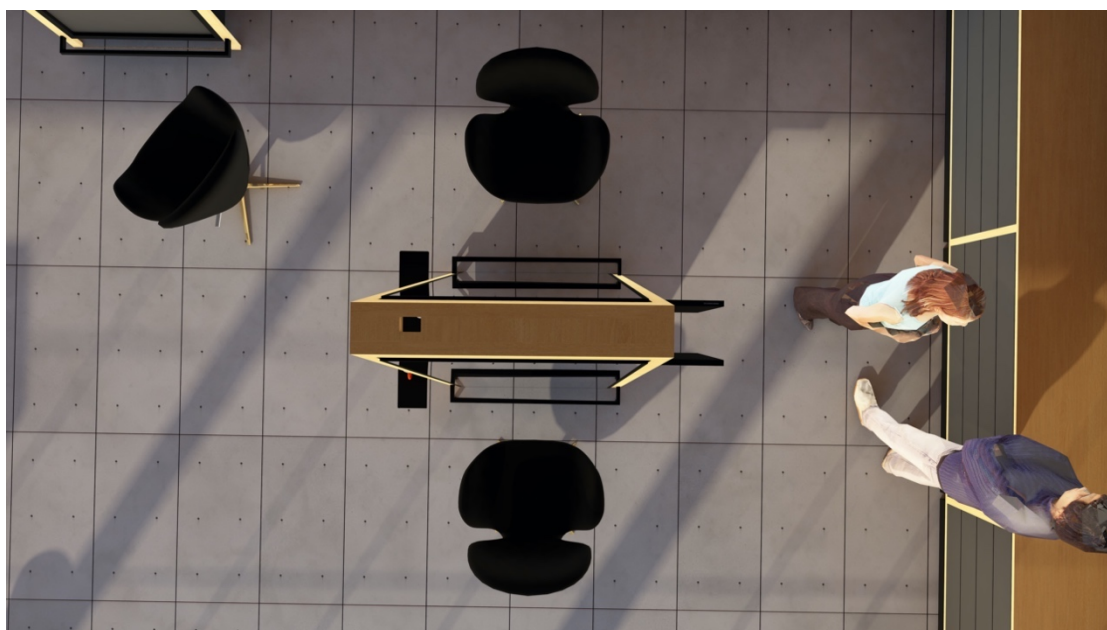
Kuvassa ovat kaikki kolme suunniteltua uutuustuotetta, ja puumateriaalin valikoimana on kuvissa pähkinäpuu, mänty ja tammipuu.





Kuva 25. Rendauskuvassa kolme uutuustuotetta. (Heikkilä 2022)

Liimapuumateriaalin valikoimana on koivupuu, mänty, tammipuu, kuusipuu tai pähkinäpuu. Puun värjäysmahdollisuuksia löytyy vaihtoehtojen lisäksi kymmeniä erilaisia värejä. Jokaiseen suunniteltuun kauneusalan peilipaikkaan on myös mahdollista räätälöidä erilaisia variaatioita, joka tarkoittaa pintakuvioita, erilaisia liimapuun reunan viisteitä ja tarvittavien lisälaitteiden asennusominaisuuksia.



Kuva 26. Rendauskuvassa keskilattiapeilipaikka ylhäältä katsottuna. (Heikkilä 2022)

Tuotteisiin on mahdollista lisätä myös tarvittavat ostajan toivomat teknologiat, eli jokainen peilipaikka räätälöidään tarvittaessa asiakkaan tarpeiden mukaan. Keskilattiapaikkaan on suunniteltu myös renkaat peilipaikan alle, jotta

muunneltavuus säilyy tilaajan työskentelytiloissa. Peilipaikkojen lisäksi lisätilauksesta asiakkaalle voidaan rakentaa yhteensopivat kaapit yhdelle seinustalle, johon keskilattiapaikat sujuvasti voidaan siirtää. Tällöin asiakkaan tilat voivat olla yhtä suurta tilaa tarpeen vaatiessa.



Kuva 27. Rendauskuvassa kolme uutuustuotetta edestä päin. (Heikkilä 2022)

Kaikkiin kolmeen uutuusversioon suunniteltiin omat näytöt ja web-kamerat, jotka sijoitetaan peilipaikkojen molemmille sivuille, ja kolmas ylös keskelle tuotetta peilin yläpuolelle. Web-kamerat upotetaan, eli integroidaan puumateriaaleihin. Näytöt liukuvat omassa telineessään peilipaikan sisäpuolelle, kun niitä ei tarvitse. Peilipaikkoihin suunniteltiin tietokoneet, jotka hankittaisiin valtuutetulta käytettyjen Apple tuotteiden jälleenmyyjältä kiertotalousajattelun mukaisesti ja nimenomaan käytetyt Applen Imac Mini-tietokoneet. Edellä mainittu tukisi myös kestävän kehityksen mukaista toimintaa.

Suunniteltujen tuotteiden vakio-ominaisuudet lisäävät helppokäyttöisyyttä esimerkiksi oppilaitoksissa ohjattaviin oppitunteihin Teams-kokousten välityksellä. Opetusta voidaan esittää kameran välityksellä etänä muualta kuin luokahuoneesta. Toiminnot lisäävät helppotoimisuutta, jotta oppilaita voidaan seurata kameran välityksellä esimerkiksi näyttökokeissa tai vastaavanlaisessa toiminnassa.

Tämän hetken tutkimuksien mukaan tämänkaltaisia tuotteita ei ole vielä lanseerattu missään muualla maailmassa, eli olisi ensimmäinen laatuaan. Tuotteista tehtiin alkuun kysely Business Finlandille ja tuotteeseen annettiin vihreää valoa kansainvälisille markkinoille.

## 8 TUTKIMUKSEN LUOTETTAVUUDEN ARVIOINTI

Luotettavuuden arvioinnissa liimapuun arvioinnit perustuivat useisiin vertailtaviiin lähteisiin. Esiin nousi vertailussa useasti puuinfon julkaisut, jotka ovat toteutettu pelkästään tieteellisiin faktoihin ja nimenomaan puumateriaaleista saaduista tutkimuksista, kokeiluista ja olemassa olevista standardisoinneista. Liimapuuta on tutkittu sadan vuoden aikana suhteellisen paljon ja tuona aikana tuote on ehtinyt saavuttaa vahvan kokemuspohjan ja tiedon.

Lähteiden arvioinnissa katsottiin olevan reliaabelia tietoa, koska lähteinä käytettiin kirjallisuudessa uusimpia teoksia, uusimpia tutkimustietoja ja uusimpia arviointeja puun tulevaisuudesta.

Lähteiden tarkistuksessa vertailua tehtiin myös vanhempiin teoksiin ja vertaillessa varsinkin arkkitehtuurin painoksiin, yhteneväisyydet tulevaisuuden arvioinneista ja tutkitusta tiedosta olivat riemuittain samankaltaisia.

Esimerkkeinä lähdevertailun paikkansapitävydessä oli muun muassa ”Arkkitehtuurin muoto ja sisältö” ja kirjapainosta luettaessa kirjoittajan arvioinnit tulevaisuuden arkkitehtuurista ovat hyvin paikkansa pitäviä. Nykypäivän rakentamisen ongelmat olivat jo 1970-luvulla tiedossa. Ainakin osalla arkkitehtuurin ammattilaisista ja kehitystyötä parempaan suuntaan on tehty liki 50 vuotta.

Vuosikymmenien kokemuspohjasta löytyy paikkansa pitävää objektiivista luettavaa tietoa, joka antaa raportille paljon mahdollisuuksia tutkia

WWW-julkaisuissa ei käytetty ainoatakaan lähdettä, tai viittausta, joka ei perustunut joko tutkittuihin tietoihin, tai toteutettuihin ratkaisuihin. Lähteet niputettiin arvioinnissa niin, että:

- a) Lähteiden täytyy olla luotettavilta sivustoilta.
- b) Tutkitulla tiedolla täytyy olla asiantuntijalausuntoja.
- c) Kirjoitukset ovat aina objektiivisia.
- d) Tulevaisuuden tutkimukset ovat tarkistettuja ja tieteellisiä.

- e) Esimerkit rakentamisesta perustuvat kokemukseen.
- f) Tutkimustyöt ovat toteutettu alan asiantuntijoiden toimesta.

Omissa päätelmissä yritin pysyä objektiivisena ja kirjoittaa pohdinnat tarkastellen ja vertaillen lähteistä saatuja tietoja. Rakentamisen kokemukset 70-luvun projektin esimerkissä perustuivat omiin kokemuksiin vertailuna muiden kokemuksiin ja opetettuun tietoon muotoilusta ja rakentamisesta. Lähteiden tarkastamisessa tutkittiin myös tehtyjä töitä, tai mahdollisia valmistuvia projekteja.

Lyhyelle haastattelulle en antanut paljon painoarvoa, vaikkakin kaikki kolme vastausta puolsivat samanlaisia suuntauksia liimapuun tulevaisuudesta. Kuitenkin haastattelun painoarvo tukee omien tuotteiden suunnittelua, sillä tässäkin raportissa esiintyvät uutuustuotteet käyttävät liimapuumateriaalia.

## 9 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyön vertailevassa tutkimuksessa vertailtiin liimapuun hyötyjä verrattuna 48 x 148 mm:n mitallistettuun runkopuuhun. Tutkimuksen tuloksien suhteen liimapuun hyötyjä ovat:

- a) Huomattavasti parempi palokestävyys kuin vertailtavaan runkopuuhun.
- b) Jänneväljä voidaan suurentaa paljon pidemmiksi paremman kestävyysvuoksi.
- c) Vuodenaikojen syystä johtuvaa puun elämisprosessia ei ole juuri ollenkaan.
- d) Liimapuun kestävyys hyvin hoidettuna kestää vuosisatoja, kun vertailukohteena olevan runkopuun kestävydessä puhutaan kymmenistä vuosista.
- e) Edellä mainitusta syystä rakennuksien kesto on vuosisatoja ja rakentaminen tapahtuu kestävä periaatteen mukaisesti.
- f) Liimapuusta voidaan kehittää huomattavasti kestävämpiä ja suurempia ratkaisuja, esimerkiksi CLT—elementtirakentaminen.
- g) Homeiden ja muiden itiöiden kiinnittyminen liimapuuhun on vähäisempää, kuin verrattuna normaaliin runkopuuhun.
- h) Rakennettaessa liimapuulla sisäilman hengittävyys säilyy parempana.

Muitakin hyötyjä löytyy, mutta johtopäätöksenä liimapuun useat ominaisuudet ovat vertaansa vailla ja on löytänyt paikkansa rakennusteollisuudessa. Liimapuusta tullaan kehittämään kiertotalouden turvin uudenlaisia ratkaisuja ja löytää suosionsa myös tällä osa-alueella.

Kotimainen liimapuu tulee myös löytämään paikkansa rakentamisessa sekä tuotesuunnittelussa, myös koko maailman markkinoilla. Tästä kertovat useat tutkimukset, uudet EU:n direktiivit kestävien ja uusiutuvien materiaalien tuotesuunnittelussa, ja uusissa valtioiden antamissa ohjeistuksissa puun käytöstä.

Tästä syystä myös puutuotteiden suunnittelu tulee tulevaisuudessa tarvitsemaan enemmän alan osaamista ja kysyntä tulee kasvamaan, kun lisää valtioita tulee antamaan ohjeistusta liimapuun esimerkillisistä ominaisuuksista uusiutuvana materiaalina, joka kestää satoja vuosia.

Tämän työn tarkoituksena oli myös suunnitella uusia tuotteita liimapuuta hyödyntäen ja vaikka suunniteltu tuote on ollut usean kuukauden vasta suunnitelluasteella, ensimmäiset tekniset kuvat ja 3D-mallennuskuvat on toteutettu viime vuoden lopulla, niin tuote on saanut todella hyvän vastaanoton alustavissa kyselyissä tuotteiden ekologisten piirteiden, ominaisuuksien sekä edellä mainittujen kuvien perusteella. Tuotteet tarvitsevat ensimmäiset esiprotomallit, protomallit ja lopullisen valmiin protoprototuotteen, jotta sillä voidaan lähteä maailman markkinoille testaamaan kysyntää. Lähinnä liimapuun paksuuksien osalta mitä tullaan käyttämään.

Useasti lopullinen protomalli laitetaan markkinoille ja paras testaus tulee, kun asiakkaat itse kertovat kehityskohteita ja lisäyspiirteitä, joita voidaan jälkikäteen tuotteeseen esimerkiksi asentaa. Sillä vältytään mahdollisilta sudenkuopilta ja varmistetaan lopullisen tuotteen kelpoisuus markkinoille.

Kokemuksesta tosin voidaan sanoa, että tässä tuotteessa on jo valmiiksi kehitetty tuotteen vakaus, monet designominaisuudet, kiertotalousteema, ekologinen lähestymistapa ja tuotteen toiminnot. Tuote on protomallia valmis tuotemalli, joka voidaan lähettää maailmalle myyntiin. Tuotteeseen voidaan räätälöidä asiakkaan toivomat ominaisuudet jo valmistusvaiheessa, joten tuote tarvitsee enää vain luotettavan ja osaavan yrityksen taakseen valmistuksessa. Markkinointimateriaalit ja kanavat ovat jo valmiina varsinaiseen tuotemyyntiin.

Kauneusalan kalustemarkkinat ovat myös valtavat, eli kysyntää tuotteelle varmasti löytyy.

## 10 POHDINTA

Koko opinnäytetyön prosessi oli yllättävän haasteellinen aloittaa ja tiedon määrä nimenomaan liimapuun ympärillä on ollut vaikuttava. Näiden tietojen yhdistäminen järkeväksi kokonaisuudeksi tähän työhön oli suhteellisen vaativa prosessi ja yllätti alkuun pääsemisessä. Jätin työn tekemisen myös viime tinkaankin, joka ainoastaan lisäsi haasteita työn tekemisessä ja venytti päivät pikkutunneille saakka, jotta opinnäytetyö saatiin kasattua määräpäivään mennessä. Covid-19 myös sekoitti omia aikatauluja, ajatuksia ja tuntemuksia ja lisäsi paineen aikataulun loppuun. Prosessi kuitenkin oli opettavainen kokemus ja antoi uskoa omiin vahvuuksiin, sekä saavutettuihin tietoihin ja muistutti monesta jo unohdetusta tiedosta.

Liimapuun käytettävyys on myös monipuolista, joka antaa uskoa materiaalin tulevaisuudesta ja objektiivista näkökulmaa omaan tuotesuunnitteluun. Suunnittelussa täytyy harkita aina elinkaariajattelu, eli miten tuotteet ovat korjattavissa ajan saatossa rikkoutuessa, minkälainen luotettavuus on varaosien saatavuudelle, miten tuote kestää ja minkälainen tuotteen muunneltavuus on. Saadaanko tuotteesta kiertotalousajattelulla rakennettua jotain muuta, vai onko tuote puhdasta energiaa.

Tämän työn prosessi muistutti lähtökohtaisesti kaikista edellä mainituista asioista ja koko koulutuksen vuosista puun parista. Prosessi muistutti omasta vastuusta, mutta antaa myös suurta kiitosta saavutetulle, että annetulle koulutukselle suunnittelun alalle. Opettajamme ovat olleet koko koulutuksen ajan todella huippuja, antaneet samalla paljon uutta ajateltavaa, näkemystä ja herätteet uudenslaisia signaaleja aivotoiminnassa.

Viimeinen kuukausi on ollut myös väsyttävä, mutta toisaalta myös herättänyt toisenlaiseen ajatteluun uusista mahdollisista tuotteista ja miten esimerkiksi liimapuuta pitäisi hahmottaa vielä laajemmassa mittakaavassa. Tukea ajatteluun antaa myös uudet direktiivit, EU:n uudet ilmastotavoitteet ja valtion antamat suunnat puun käytöstä uusiutuvana materiaalina.

Suunnittelun tuotteen osalta toivottavaa on löytää ensimmäisenä luotettava valmistajayhteistyökumppani, lanseerata tuote Suomessa, tutkia kansainvälisiä markkinoita enemmän ja etsiä oikea kanava mahdolliseen levitykseen.

Toivon myös, että tästä raportista on hyötyä heille, jotka hakevat liimapuusta tietoja sekä hyötyjä omiin tuleviin projekteihin.

Haluan myös kiittää viimeiseksi opinahjoani viimeisistä vuosista ja opettajamme superhienosta työstä koulutuksen parissa. Voin lämpimästi suositella muotoilun koulutusta kaikille.

Tulevaisuus tulee näyttämään alalla todella lupaavalta, koska nyt yritykset ovat heränneet siihen, että jokainen yritys tarvitsee muotoilijan apua menestyäkseen laajemmin. Alalle on tullut uudenlaista lähestymistä muotoilualan säätiöiden toimesta, jotka ovat nykypäivänä auttamassa ensisijaisesti yrityksiä menestymään.

## LÄHTEET

Apro, 2022. Aalto University. Vastuullisuus. Vastuullisuus ei ole irrallista vaan luonteva osa yrityksen ydintoimintaa, innovointia ja osaamista. WWW-julkaisu. Saatavissa: [https://www.aaltopro.fi/aiheet/vastuullisuus?gclid=EA1aIQob-ChMInfLqspD19gIVAgTmCh0UPQgZEAAyAiAAEgJO7PD\\_BwE](https://www.aaltopro.fi/aiheet/vastuullisuus?gclid=EA1aIQob-ChMInfLqspD19gIVAgTmCh0UPQgZEAAyAiAAEgJO7PD_BwE) [viitattu 02.4.2022].

Betolar 2021. Vastuullisuus kohti vähähiilistä tulevaisuutta. WWW-julkaisu. Päivitetty 16.9.2021. Saatavissa: <https://www.betolar.com/vastuullisuus> [viitattu 29.3.2022].

Carling, O. 2003. Liimapuukäsikirja1. Suunnitteluohjeet. Suomen liimapuuyhdistys Ry, Woodfocus Oy, Puuinfo Oy Helsinki: 8-92 WWW-julkaisu. Saatavissa: <https://puuinfo.fi/suunnittelu/ohjeet/liimapuukasikirja/> [viitattu 13.3.2022].

Carling, O. 2002. Olle Carling Ingenjörbyrå AB. Liimapuu rakennusmateriaalina. WWW-julkaisu. Saatavissa: <https://asiakas.kotisivukone.com/files/liimapuu.kotisivukone.com/tiedostot/liimapuukasikirja.pdf> [viitattu 24.3.2022].

Esaiasson, Y. 2003. Vertaileva tutkimus. Helsinki: 99–169. WWW-julkaisu. Saatavissa: <https://www.mv.helsinki.fi/home/psaukkon/tutkielma/Tutkimusasetelma%202.html> [viitattu 12.3.2022].

Hakoniemi, S. 2018. Onko tämä hometta vai merkki kosteusvauriosta? Näin tunnistat homeen ja mikrobit. WWW-julkaisu. Päivitetty: 31.8.2018. Saatavissa: <https://kotiliesi.fi/koti/kodinhoito/tunnista-home-mikrobit-ja-kosteusvauriot/> [viitattu 27.3.2022].

Hakaste, H. s.a. Yliarkkitehti, Ympäristöministeriö. Rakentamisen kiertotalous. WWW-julkaisu. Saatavissa: <https://ym.fi/rakentamisen-kiertotalous> [viitattu 26.3.2022].

Heino, P. 2020. Puurakentaminen on tulevaisuuden rakentamisen tärkeimpiä teemoja. WWW-julkaisu. Päivitetty 20.7.2020. Saatavissa: <https://www.siparila.fi/puurakentaminen/> [viitattu 26.3.2022].

Hyvä tietää puusta, 2022. Puun ominaisuudet. WWW-julkaisu. Saatavissa: <https://www.rakentaja.fi/pdf/puuinfo/hyvatietaa.pdf> [viitattu 13.3.2022].

Iiro, 2018. Opinnäytetyön rakenne. Miten kirjoittaa opinnäytetyön teoreettinen viitekehys. WWW-julkaisu. Päivitetty 22.11.2018. Saatavissa: <https://www.scribbr.fi/opinnaytetyon-rakenne/opinnaytetyon-teoreettinen-viitekehys-mita-ja-miksi/> [viitattu 13.3.2022].

Jyväskylän yliopisto, 2021. Laadullinen tutkimus. WWW-julkaisu. Saatavissa: <https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku/tutkimusstrategiat/laadullinen-tutkimus> [viitattu 13.3.2022].

Kiertotaloudesta syntynyt maailman ensimmäinen 100%:nen puupohjainen kalustelevy, 2022. WWW-julkaisu. Saatavissa: <https://www.sttinfo.fi/tiedote/maailman-ensimmainen-100-puupohjainen-kalustelevy-on-koskisen-ja->



[stora-enson-yhteistyona-syntynyt-kiertotaloustuote?publisherId=69818910&releaseId=69929437](https://www.stora-enson-yhteistyona-syntynyt-kiertotaloustuote?publisherId=69818910&releaseId=69929437) [viitattu 13.3.2022].

Kiertoon, 2022. Kiertotalouden käsitteet. WWW-julkaisu. Saatavissa: <https://www.kiertoon.eu/fi/miksi-kiertotalous/kiertotalouden-kasitteet> [viitattu 2.4.2022].

Kilpeläinen, P. & Sutinen, V. 2022. Tutkimus Tuupalan puukoulusta: Melua on vähän ja oppilaiden stressitasot ovat alhaiset. WWW-julkaisu. Päivitetty 13.2.2022. Saatavissa: <https://puuinfo.fi/2022/02/13/tutkimus-tuupalan-puu-koulusta-melua-on-vahan-ja-oppilaiden-stressitasot-ovat-alhaiset/> [viitattu 28.3.2022].

Liimapuu, 2013. WWW-julkaisu. Saatavissa: <https://www.liimapuu.fi/7> [viitattu 13.3.2022].

Liimapuukäsikirja 2, 2018. WWW-julkaisu. Saatavissa: [https://asiakas.kotisivukone.com/files/liimapuu.kotisivukone.com/tiedostot/liimapuukasikirja\\_osa\\_2.pdf](https://asiakas.kotisivukone.com/files/liimapuu.kotisivukone.com/tiedostot/liimapuukasikirja_osa_2.pdf) [viitattu 24.3.2022].

Luoma, P. 2006. Kvalitatiivinen vertaileva analyysi. WWW-julkaisu. Päivitetty 2.2.2012. Saatavissa: <https://www oulu.fi/sosiologia/node/5047> [viitattu 13.3.2022].

Luonnonvarakeskus, 2016. Suojaus pidentää puun elinkaarta. WWW-julkaisu. Päivitetty 21.3.2016. Saatavissa: <https://www.luke.fi/suojaus-pidentaa-puun-elinkaarta/> [viitattu 25.3.2022].

Mattsson, M. 2022. Kuntia kiritetään puurakentamiseen. Puu-lehti. WWW-julkaisu. Päivitetty 13.2.2022. Saatavissa: <https://puuinfo.fi/2022/02/13/kuntia-kiritetaan-puurakentamiseen/> [viitattu 13.3.2022].

Malaska, M. & Senni, S. 2016. CLT-tilaelementtikerrostalon rakennussuunnitteluohjeistus. Diplomityö. WWW-julkaisu. Saatavissa: <https://docplayer.fi/60733355-Senni-sorri-clt-tilaelementtikerrostalon-rakennussuunnitteluohjeistus.html> [viitattu 26.3.2022].

Motiva, 2021. Ilmastotavoitteet 2030 ja uusiutuvan energian tuet yrityksille. WWW-julkaisu. Saatavilla: <https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva-energia/uusiutuva-energia-suomessa/uusiutuvan-energian-tuet> [viitattu 27.3.2022].

Muotio, L. 2021. Opinnäytetyön yleiset kriteerit ja painotus. WWW-julkaisu. Päivitetty 24.9.2021. Saatavilla: <https://www.muotoilu.info/index.php/tutkiva-muotoilu/amk-opinnaytetyo/opinnaytetyon-yleiset-kriteerit-ja-painotus/>

Muotio, L. 2021. Vertailu tutkimusmenetelmänä. WWW-julkaisu. Päivitetty 20.9.2021. Saatavissa: <https://www.muotoilu.info/index.php/tutkiva-muotoilu/menetelmat/vertailu-tutkimusmenetelmana/> [viitattu 29.3.2022].

Natural Resources Institute Finland, 2022. Forest land area of land area, %. WWW-julkaisu. Päivitetty 16.2.2022. Saatavissa: <https://www.lin-kedin.com/posts/wood-from-finland-woodfromfinland-slowbynature-activity->

[6899617568697540608-8LZm/?utm\\_source=linkedin\\_share&utm\\_medium=ios\\_app](https://6899617568697540608-8LZm/?utm_source=linkedin_share&utm_medium=ios_app) [viitattu 14.3.2022].

Ojala, K. 2004. Parempi pientalo. ”Näin rakennat omakotitalon järkevästi ja edullisesti”. Helsinki: Etukeno Oy & WSOY.

Puuinfo a, 2020. Suunnittelijan ohjeet limapuukurakenteille. Verkkojulkaisu. Saatavissa: <https://puuinfo.fi/suunnittelu/ohjeet/liimapuukasikirja/> [viitattu 13.3.2022].

Puuinfo b, 2020. Rankajärjestelmät. WWW-julkaisu. Saatavissa: <https://puuinfo.fi/puutieto/kayttokohteet/yleisimmat-rakennejarjestelmat/> [viitattu 14.3.2022].

Puuinfo c, 2020. Mikä on liimapuu. WWW-julkaisu. Saatavissa: <https://puuinfo.fi/puutieto/insinorituotteet/liimapuu-glt/> [viitattu 12.3.2022].

Puuinfo d, 2020. Suomen metsät. Metsien omistus. WWW-julkaisu. Päivitetty 24.6.2020. Saatavissa: <https://puuinfo.fi/puutieto/suomen-metsat-2/metsien-omistus/> [viitattu 13.3.2022].

Puuproffa, 2022. Hirsityypit. WWW-julkaisu. Saatavissa: <https://puuproffa.fi/liitosten-arkki/hirsiliitokset/hirsityypit/> [viitattu 24.3.2022].

Raksystems, 2020. Myös talon rakenteilla on parasta ennen-päiväys. WWW-julkaisu. Päivitetty 2.7.2020. Saatavissa: <https://raksystems.fi/ajankoh-taista/myos-talon-rakenteilla-on-parasta-ennen-paivays/> [viitattu 26.3.2022].

Puurakentaminen, 2022. Miksi ja mitä tehdä puusta. WWW-julkaisu. Saatavilla: [https://c.ramboll.com/fi/puurakentaminen?utm\\_term=puurakentaminen&utm\\_campaign=SEM+//+Puurakentaminen+//+09-21&utm\\_source=ad-words&utm\\_medium=ppc&hsa\\_acc=5816075018&hsa\\_cam=14743487679&hsa\\_grp=130567808114&hsa\\_ad=547756885825&hsa\\_src=g&hsa\\_tgt=kwd-448680663976&hsa\\_kw=puurakentaminen&hsa\\_mt=e&hsa\\_net=ad-words&hsa\\_ver=3&qclid=EAlaQob-ChM14eLF4sf19gIVgamyCh0ehwDCEAAYASAAEgLSw\\_D\\_BwE](https://c.ramboll.com/fi/puurakentaminen?utm_term=puurakentaminen&utm_campaign=SEM+//+Puurakentaminen+//+09-21&utm_source=ad-words&utm_medium=ppc&hsa_acc=5816075018&hsa_cam=14743487679&hsa_grp=130567808114&hsa_ad=547756885825&hsa_src=g&hsa_tgt=kwd-448680663976&hsa_kw=puurakentaminen&hsa_mt=e&hsa_net=ad-words&hsa_ver=3&qclid=EAlaQob-ChM14eLF4sf19gIVgamyCh0ehwDCEAAYASAAEgLSw_D_BwE) [viitattu 31.3.2022].

Rinne, R. Ilgin, Emre, H. & Karjalainen, M. 2022. Comparative study on life-cycle assessment and carbon footprint of hybrid, concrete and timber apartment buildings in Finland. WWW-julkaisu. Saatavissa: <https://www.mdpi.com/1660-4601/19/2/774/htm> [viitattu 26.3.2022].

Seitamaa-Hakkarainen, P, s.a. Käsitekartan tekemisestä ja tietokonesovelluksista. WWW-julkaisu. Saatavissa: [http://mlab.uiah.fi/polut/Yhteisollinen/teoria\\_kasitekartta.html](http://mlab.uiah.fi/polut/Yhteisollinen/teoria_kasitekartta.html) [viitattu 13.3.2022].

Stenstad, A. 2022. Norwegian Institute of Wood Technology. Built In Wood. Used wood in new CLT and Glulam. WWW-julkaisu. Saatavissa: <https://www.build-in-wood.eu/post/used-wood-in-new-clt> [viitattu 26.3.2022].

Suomela, M. & Lehto A. 2021. Kiertotalous ja kiertotalouden mukainen suunnittelu rakennusosalalla. WWW-julkaisu. Saatavissa:

[https://inaro.fi/wp-content/uploads/2021/11/inaro\\_kiertotalous\\_raportti-1\\_2021.pdf](https://inaro.fi/wp-content/uploads/2021/11/inaro_kiertotalous_raportti-1_2021.pdf) [viitattu 30.3.2022].

Soininen, M. & Uusitalo H. 1995. Tieteellisen tutkimuksen perusteet: Turun yliopiston täydennyskoulutuskeskus. WSOY 2001. Tiede, tutkimus ja tutkielma.

Sjöstedt, T. 2015. Infograafi: Vähähiilisen bisneksen megatrendit ja tulevaisuuden markkinat. WWW-julkaisu. Päivitetty 25.11.2015. Saatavissa:

<https://www.sitra.fi/artikkelit/infograafi-vahahiilisen-bisneksen-megatrendit-ja-tulevaisuuden/> [viitattu 29.3.2022].

Suunnittelun merkitys 2022. Mikä se on, käsite ja määritelmä. Ilmauksia – 2022. WWW-julkaisu. Saatavilla: <https://fi.encyclopedia-titanica.com/significado-de-dise-o> [viitattu 3.4.2022].

Työ –ja elinkeinoministeriö & Ympäristöministeriö 2022. EU:n kiertotalouspaketti: pitkäikäisempiä tuotteita, parempaa tuotesuunnittelua, pienempää ympäristökuormaa ja kestäviä tekstiilejä. WWW-julkaisu. Päivitetty 30.3.2022. Saatavilla: <https://tem.fi/-/1410903/eu-n-kiertotalouspaketti-pitkaikaisempia-tuotteita-parempaa-tuotesuunnittelua-pienempaa-ymparistokuormaa-ja-kestavia-tekstiileja> [viitattu 31.3.2022].

Vertaileva tutkimus, 2015. WWW-julkaisu. Päivitetty 23.4.2015. Saatavissa: <https://koppa.iyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku/tutkimusstrategiat/vertaileva-tutkimus> [viitattu 13.3.2022].

## KUVALUETTELO

Kuva 1. Käsitekartta. Heikkilä, E-P. 13.3.2022.

Kuva 2. Suomen metsien pinta-alat. Suora referoiminen ja lainaaminen. Natural Resources Institute Finland. 2022. 13.3.2022.

Kuva 3. Viitekehys. Heikkilä, E-P. 13.3.2022.

Kuva 4. Liimapuulevyt. Kuvakaappaus yrityksen intran sivuilta. Taloon.com. 2022. [viitattu 14.3.2022].

Kuva 5. Kuvakaappaus yrityksen intran sivuilta. AB Puuinfo Oy. 2020. [viitattu 13.3.2022].

Kuva 6. Mänty liimapuupalkki. Kuvakaappaus yrityksen intran sivuilta. AB Puuinfo Oy. 2020. [viitattu 13.3.2022].

Kuva 28. Rankarakenteinen elementti. Kuvakaappaus yrityksen intran sivuilta. AB Puuinfo Oy. 2020. [viitattu 13.3.2022].

Kuva 29. CLT-elementti. Heikkilä, E-P. 18.3.2022.

Kuva 30. Pilaripalkkijärjestelmä. Kuvakaappaus yrityksen intran sivuilta. AB Puuinfo Oy. 2020. [viitattu 14.3.2022].

Kuva 31. Tilaelementti. Heikkilä, E-P. 17.3.2022.

Kuva 32. Pyöröhirsi. Kuvakaappaus yrityksen intran sivuilta. Puuproffa Oy. 2022. [viitattu 22.3.2022].

Kuva 33. Lamellihirret. Lähteen referoiva ja suora lainaus. AB Honka Oy. 2022. 23.3.2022.

Kuva 13. Pelkkahirsi. Lähteen referoiva ja suora lainaaminen. Puuproffa Oy. 25.3.2022.

Kuva 14. Runkopuu 48 x 148. Lähteen referoiva ja suora lainaaminen. (Byggmax & K-rauta. 2022. 22.3.2022.

Kuva 34. Zero kalustelevy. Kuvakaappaus yrityksen intran sivuilta. AB Koskinen Oy. 2022. 14.3.2022.

Kuva 35. Käytetystä puusta valmistettu CLT-prototyyppi. Lähteen referoiva ja suora lainaaminen. Stenstad A. 2022. 14.3.2022.

Kuva 36. Käytetystä puusta valmistettu CLT-proto. Lähteen referoiva ja suora lainaaminen. Stenstad, A. 2022. 14.3.2022.

Kuva 37. Pohjakuva. Väri –ja numerokoodeilla kuvatut muutostyöt. Heikkilä, E-P. 23.3.2022.

Kuva 38. Pohjakuva. Keltaisella viivalla merkatut liimapuupalkit. Heikkilä, E-P. 22.3.2022.

Kuva 39. Pohjakuva. Keltaisella merkitty viiva käsittää katon liimapuupalkit. Heikkilä, E-P. 24.3.2022.

Kuva 40. Kokonaisrendauskuva. Heikkilä, E-P. 24.3.2022.

Kuva 41. Rendaus liimapuupalkit. Heikkilä, E-P. 25.3.2022.

Kuva 42. Uusi rakennus liimapuupalkeista. Heikkilä, E-P. 26.3.2022.

Kuva 43. Varjojen kuva liimapuusta. Heikkilä, E-P. 28.3.2022.

Kuva 44. Rendauskuvassa kolme uutuustuotetta. Heikkilä, E-P. 12.1.2022.

Kuva 45. Rendauskuvassa keskilattiapeilipaikka ylhäältä katsottuna. Heikkilä, E-P. 18.1.2022.

Kuva 46. Rendauskuvassa kolme uutuustuotetta edestä päin. Heikkilä, E-P. 29.12.2021.

## **TAULUKKOLUETTELO**

Taulukko 1. Lähteen referoiva ja suora lainaaminen. Kvantitatiivinen tutkimus. Keman. 14.3.2022.

Taulukko 2. Kvalitatiivinen tutkimus. Lähteen referoiva ja suora lainaaminen Keman. 14.3.2022.