

CLT – kestävässä kehityksessä

Tiivistelmä

Tekijä Miro Nurminen	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK Sivumäärä 16	Valmistumisaika 2023
Työn nimi CLT – kestävässä kehityksessä		
Tutkinto ja koulutusala Puutekniikka, insinööri (AMK)		
Tiivistelmä <p>Tämän opinnäytetyön tavoite oli tutkia Monikerroslevyn (CLT) ominaisuuksia ja sen soveltuvuutta julkisessa rakentamisessa Suomessa. Puun hankinnasta lähtien käydään läpi mitä CLT on, miten sitä valmistetaan ja mitä hyötyjä taikka haittoja sillä on traditionaalisempiin rakenteisiin. Perus paikallarakentamisesta CLT:tä voidaan käyttää myös moduulirakentamisessa, mihin puu sopii varsin hyvin keveytensä ansiosta. Tavallisesti CLT valmistetaan liimaamalla ristiin puulevyjä ja siitä sen nimikin tulee, mutta on mahdollista valmistaa vastaavanlainen tuote ilman liimaa taikka ruuveja. Kyseessä on massiivipuulevy mikä perustuu perinteiseen lohenpyrstöliitos tekniikkaan. Tästä myös oma osuutensa työn lopussa.</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli myös pohtia puurakentamisen ekologisuutta ja sitä onko CLT vain kaunis luonnonläheinen rakenne vai onko se myös ilmastoteko.</p>		
Asiasanat CLT, puurakentaminen, kestävä kehitys		

Abstract

Author	Type of Publication	Published
Miro Nurminen	Thesis, UAS	2023
	Number of Pages	
	16	
Title of Publication		
CLT – kestävässä kehityksessä CLT – in sustainable development		
Degree, Field of Study		
Wood Technology, Engineer (UAS)		
Abstract		
<p>The purpose of this thesis was to investigate the properties of Cross Laminated Timber (CLT) and its applicability in public construction in Finland. Starting with wood procurement, we will go through what CLT is, how it is made and what advantages or disadvantages it has over more traditional structures. From basic site-built construction, CLT can also be used for modular construction, for which wood is quite suitable due to its light weight. CLT is usually made by gluing cross-laminated wood panels together, hence its name, but it is possible to make a similar product without glue or screws. It is a solid wood panel based on the traditional dove-tail jointing technique. This is also the subject of a section at the end of this work.</p> <p>The aim of the thesis was also to consider the ecological aspects of timber construction and whether CLT is just a beautiful natural structure or whether it is also a great thing for the climate.</p>		
Keywords		
CLT, wood construction, sustainable development		

Sisällys

1	Johdanto.....	1
2	Puun käyttö rakentamisessa	2
2.1	Metsävarojen hyödyntäminen Suomessa	2
3	Monikerroslevy (CLT).....	3
3.1	CLT:n valmistus.....	3
3.2	CLT:n käytön edut	5
3.3	CLT:n käytön haitat.....	5
4	Puun tekniset ominaisuudet	6
4.1	Kosteustekniset ominaisuudet	6
4.2	Lujuustekniset ominaisuudet.....	7
4.3	Palotekniset ominaisuudet	7
4.4	Lämpötekniset ominaisuudet	7
4.5	Äänitekniset ominaisuudet	8
4.6	Puun ominaisuuksien muuttaminen	8
5	Rakennustekniikka.....	9
5.1	Paikallarakentaminen	10
5.2	Tilaelementtitekniikka	11
6	Lohenpyrstölevy.....	12
7	Kestävä kehitys.....	13
7.1	Ekologinen kestävyys	13
7.2	Puurakentamisen ekologisuus	13
7.3	Uusi rakentamislaki.....	14
8	Yhteenveto ja pohdinta	15
	Lähteet	16

1 Johdanto

Betoni on dominoinut Suomessa rakentamista 1960-luvulta alkaen. Koulutuksesta lähtien koko rakentamisen ketju on vahvasti painottunut betoni- ja teräsrakentamiseen; puun jäädessä taka-alalle.

Suomen ilmastopäästöistä 7 % syntyy rakentamisesta ja niistä 70 % on peräisin rakennusmateriaaleista, pääosin betonin ja teräksen tuotannosta. (Demos Helsinki 2021) Hiilidioksidipäästöjen vähentäminen rakennetussa ympäristössä on ensisijaisen tärkeää ja valtiojohto onkin asettanut ilmastonmuutosta hillitäkseen kovat tavoitteet, joilla saataisiin vauhtia puurakentamiseen. Päästövähennysten osalta rakennusalalla on merkittävästi säästöpotentiaalia. Puurakentaminen on tehokas tapa vähentämään rakentamisen päästöjä lyhyellä aikavälillä.

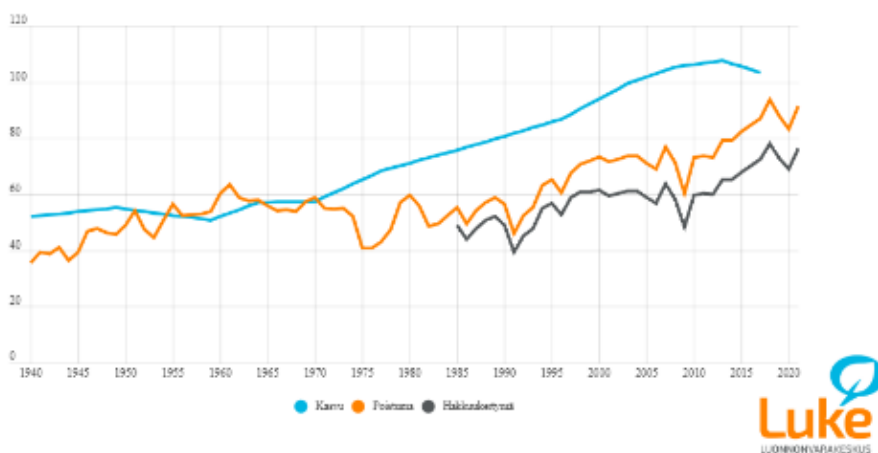
Tässä opinnäytetyössä perehdytään julkiseen puurakentamiseen ja tarkemmin ottaen CLT-rakenteisiin. Työn tavoitteena on ottaa selvää puun potentiaalista kerrostalorakentamisessa ja onko siitä kilpailemaan betonin kanssa.

2 Puun käyttö rakentamisessa

Suomi on yksi metsäisemmistä maista maailmassa ja metsäisin maa Euroopassa. Suomen pinta-alasta noin 70 prosenttia on metsää. Ruotsissa se on 50–60 prosenttia. Suomen metsien kokonaispinta-ala on 26,3 miljoonaa hehtaaria, josta metsätaloudellisesti hyvää metsämaata on 20,3 miljoonaa ha. (Puuinfo 2020a) Puuta käytetäänkin Suomessa paljon pientaloissa, kuten omakotitaloissa ja kesämökeissä. Julkiset rakennukset taas ovat yhä pääosin betonia ja metallia, vaikka puu sopii hyvin isoihinkin rakennuksiin, kuten kouluihin, asuinkerrostaloihin, kirjastoihin tai urheiluhalleihin. Metsien kasvun hiipuminen ja suuret hakkuu määrät ovat kuitenkin puheenaiheina samoin kuin rakentamisen ilmastopäästöt.

2.1 Metsävarojen hyödyntäminen Suomessa

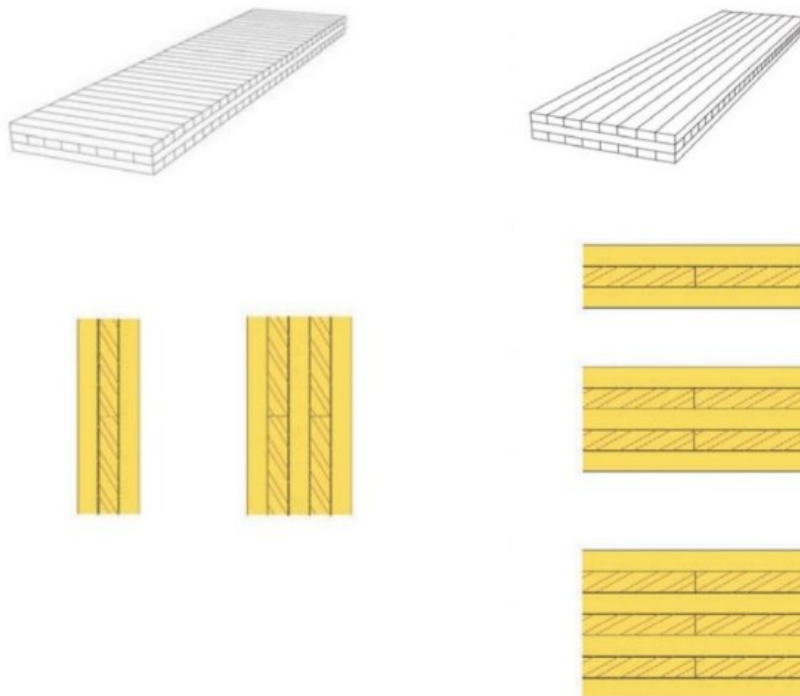
Metsävarannot ovat erittäin tärkeitä Suomelle sekä taloudellisesti että ekologisesti. Suomi on tunnettu puunjalostusteollisuudestaan ja puuta hyödynnetään monin eri tavoin. Puusta voidaan valmistaa sahatavaraa, vaneria, sellua, paperia, pakkausmateriaaleja ja muita puutuotteita. Puunjalostusteollisuus luo työpaikkoja ja tuo vientituloja Suomelle. Vuonna 2021 kaadettua puuta otettiin käyttöön 76 miljoonaa kuutiometriä ja metsiin kertyi kuollutta puuta yhteensä 15 miljoonaa kuutiota (Kuva 1). Niistä muodostuva puuston kokonaispoistuma nousi 92 miljoonaan kuutiometriin (Kuva 1). Metsiin kasvoi uusimpien arvioiden mukaan uutta runkopuuta 103 miljoonaa kuutiometriä vuodessa, joten elävän runkopuun kokonaismäärä lisääntyi koko maassa noin 12 miljoonalla kuutiometrillä (Kuva 1). (Luonnonvarakeskus 2022) On tärkeä muistaa, että metsiä tulee hyödyntää vastuullisesti, jotta niiden arvo säilyy pitkällä aikavälillä. Kestävä metsänhoito tarkoittaa muun muassa metsien jatkuvaa uudistamista, monimuotoisuuden säilyttämistä ja luonnonvarojen kestäväää käyttöä.



Kuva 1. Puuston hakkuukertymä, poistuma ja kasvu 1940–2021 (milj. m³) (Luonnonvarakeskus 2022)

3 Monikerroslevy (CLT)

CLT sai alkunsa jo 1990-luvun alussa Itävallassa, mutta tuli käyttöön rakennusmarkkinoille vasta vuosia myöhemmin, tuotteen vähäisen tiedon ja osaamisen takia.



Kuva 2. CLT:n kokoonpanoasennus poikittain ja pitkittäin (Crosslam CLT)

Cross Laminated Timber eli lyhyesti CLT on massiivinen puulevy, joka valmistetaan ristiin liimaamalla kolmesta seitsemään puulevy- eli lamellikerrosta (Kuva 2). CLT on teollinen insinööripuutuote, joka valmistetaan aina asiakkaan mittoihin. CLT-levyn dimensiot ja valmistustekniikka vaihtelevat valmistajakohtaisesti. CLT-levyn paksuus voi olla 60–400 mm, leveys enintään 2,95–4,8 m ja pituus enintään 12–20 m valmistajan mukaan. (Puuinfo 2023a)

3.1 CLT:n valmistus

CLT on yksinkertainen tuote ja se valmistuu kahdesta perusraaka-aineesta: puusta ja liimasta. Puutavarana käytetään tavallisimmin havupuita. Näkyvissä pinnoissa voidaan käyttää muitakin puita kuin kuusta tai mäntyä asiakkaan toiveiden mukaan. Levyissä yleisesti käytettävä liima on ympäristöystävällistä formaldehyditöntä polyuretaaniliimaa. (Puuinfo 2023b) Suomalainen puutavara on yleensä PEFC-sertifioitua (Kuva 3). PEFC on riippumaton ja voittoa tavoittelematon kansainvälinen metsäsertifiointijärjestelmä, joka edistää kestävä metsätaloutta kaikkialla maailmassa. PEFC-sertifiointin käytännöllä osoitetaan, että

metsiä hoidetaan ekologisesti, sosiaalisesti, taloudellisesti ja kulttuurillisesti kestäväällä tavalla. (PEFC Suomi – Suomen Metsäsertifiointi ry)



Kuva 3. PEFC-lipukkeen esimerkki (PEFC™)

Aluksi CLT-levyn valmistusprosessissa sahatavara sormijatketaan oikean mittaisiksi lamelleiksi (Kuva 4). Lamellit höylätään ja sen jälkeen ladotaan levyn kokoisia ristikkäisiä kerroksia, jotka kukin liimataan ennen seuraavan kerroksen ladontaa (Kuva 4). Kaikki liimatut lamellikerrokset puristetaan kerralla valmiiksi, ristiin liimatuksi CLT-levyksi (Kuva 4). (Puuinfo 2023c)



Kuva 4. CLT tehdas. (Crosslam CLT)

3.2 CLT:n käytön edut

CLT:llä on useita hyötyjä, joista yksi on sen luonnonmukaisuus. CLT valmistetaan puusta, uusiutuvasta luonnonvarasta ja se on vastuullinen ja ympäristöystävällinen vaihtoehto perinteisille rakennusmateriaaleille, kuten betonille ja teräkselle. CLT koostuu useista ristiin liimatuista puukerroksista, mikä tekee siitä erittäin vahvan ja jäykän materiaalin. Se kestää hyvin painetta, taipumista ja vääntövoimia. CLT-elementit valmistetaan tehtaalla tarkkojen teknologisten mittausten avulla. Tämä mahdollistaa nopean ja tarkan rakentamisen paikan päällä, mikä voi lyhentää rakennusaikoja merkittävästi. CLT mahdollistaa monimuotoisten ja innovatiivisten rakennusten suunnittelun. Sillä voidaan toteuttaa erilaisia arkkitehtiratkaisuja ja jopa korkeita rakennuksia. CLT:llä on hyvät erityisominaisuudet, mitkä auttavat vähentämään lämpöhäviötä ja parantamaan rakennusten energiatehokkuutta. Hyvät ominaisuudet ovat myös ääneneristämässä, mikä on tärkeää asuin- ja työympäristössä. Näiden etujen ansiosta pidän CLT:tä varteenotettavana vaihtoehtona kestäväälle ja modernille rakentamiselle.

3.3 CLT:n käytön haitat

CLT:n monien etujen lisäksi sillä on myös joitakin haittoja. Esimerkiksi kustannukset: CLT:n käyttö on useimmissa tapauksissa kalliimpaa kuin betonin tai teräksen. CLT puupohjaisena tuotteena herättää huolta sen paloturvallisuusominaisuuksiltaan. Vaikka CLT:llä on hyvät kosteustekniset ominaisuudet, kosteusvauriot ovat silti mahdollisia. Jos CLT-rakenteet altistuvat pitkäaikaiselle kosteudelle tai eivät ole asianmukaisesti suojattuja kosteudelta, ne voivat vaurioitua, muuttua epävakaaiksi ja altistua homeen tai lahon kasvulle. CLT:n käyttö voi asettaa rajoituksia rakennuksen korkeudelle ja koon kasvattamiselle. Sen kantokyky ja jäykkyys voivat rajoittaa käyttöä erittäin suurissa rakennuksissa. Lisäksi suurten aukkojen ja onteloiden toteuttaminen voi olla haastavaa. Vaikka puu on uusiutuva ja ympäristöystävällinen materiaali, CLT:n valmistusprosessiin liittyy joitakin ympäristövaikutuksia. Esimerkiksi liiman käyttö ja energiankulutus tehtaalla voi aiheuttaa hiilijalanjäljen.

4 Puun tekniset ominaisuudet

Suomi tunnetaan runsaasta metsäpeitteestään ja monipuolisesta puulajistostaan. Puut kasvavat Suomessa laajalla maantieteellisellä alueella erilaisissa olosuhteissa, mikä vaikuttaa niiden kasvuun ja kehitykseen. Suomessa vallitseva ilmasto vaihtelee pohjoisesta etelään päin. Pohjoisessa ilmasto on kylmä ja kasvukausi lyhyempi, kun taas etelässä ilmasto on leudompaa ja kasvukausi pidempi. Kesäkausi kestää noin 100 päivää. Talvet ovat yleensä pitkiä ja kylmiä, ja lunta voi olla runsaasti erityisesti pohjoisessa. Kesät ovat lyhyitä ja viileitä, mutta päivänvaloa riittää runsaasti, mikä edistää puun kasvua. Lyhyt kasvukausi tarkoittaa hidasta kasvua ja se voi kestää 60–120 vuotta. Puuaines on suorakuituista sen hitaan kasvun takia. Oksia on vähän ja ne ovat pieniä. (Puuinfo 2020b) Maaperä Suomessa vaihtelee alueittain. Pohjoisessa esiintyy pääasiassa hapanta ja ravinteikasta turvemaata, kun taas etelässä maaperä voi olla hieman hiekkapitoisempaa ja kalkkipitoisempaa. Tämä vaikuttaa puun kasvuun ja ravinteiden saatavuuteen. Suomen metsät ovat pääasiassa havupuuvallaisia. Yleisimpiä puulajeja ovat mänty, kuusi ja koivu. Mänty ja kuusi ovat sopeutuneet hyvin Suomen olosuhteisiin, ja niitä kasvaa erityisesti maan pohjoisosissa. Koivu puolestaan on yleinen puulaji koko Suomessa ja se menestyy hyvin erilaisissa ympäristöissä. Puut ovat tärkeä luonnonvara Suomessa. Niitä käytetään monipuolisesti puutuotteiden, kuten sahatavaran, puukuitulevyjen, paperin ja sellun valmistukseen. Suomi onkin maailman suurimpia metsäteollisuuden tuottajamaita. Suomen metsät ovat myös tärkeitä ekologisesti. Ne tarjoavat elinympäristön monille kasvi- ja eläinlajeille sekä toimivat hiilinieluinä, jotka auttavat torjumaan ilmastonmuutosta. Suomalaiset metsät pyritäänkin hoitamaan kestävästi, jotta niiden ekologinen arvo säilyy ja puuntuotanto voidaan yhdistää luonnon monimuotoisuuden säilyttämiseen. Voidaan siis todeta, että puut Suomessa kasvavat monipuolisissa olosuhteissa, jotka vaihtelevat ilmaston, maaperän ja kasvilajiston suhteen. Suomen metsät ovat tärkeitä sekä taloudellisesti että ekologisesti, ja niitä hoidetaan kestävästi niiden arvon säilyttämiseksi tuleville sukupolville.

4.1 Kosteustekniset ominaisuudet

Puulla on paljon kosteusteknisesti hyödyllisiä ominaisuuksia. Puu pystyy säilyttämään suhteellisen kosteustasapainon ympäristön kanssa. Se voi imeä kosteutta ilmasta, kun ympäristön kosteus on korkea ja luovuttaa kosteutta takaisin ilmaan, kun ympäristön kosteus laskee. Tämä auttaa ylläpitämään tasapainoista sisäilman kosteutta ja vähentää kosteusvaurioiden riskiä rakenteissa. Puu on diffuusioavoin materiaali, mikä tarkoittaa sitä, että se sallii kosteuden siirtymisen materiaalin läpi. Tämä auttaa välttämään kosteuden kertymistä rakenteisiin ja mahdollistaa kosteuden poistumisen, mikä on tärkeää kosteuden hallinnassa ja homeen estämisessä. Puu on myös hygroskooppinen materiaali, mikä tarkoittaa sitä, että

se pystyy sitomaan kosteutta ilmasta. Tämä auttaa tasapainottamaan sisäilman kosteutta ja voi parantaa sisäilman laatua. Hygroskooppisuus auttaa myös vähentämään kosteusvaurioiden riskiä rakenteissa. Vaikka puu voi vaurioitua pitkäaikaisesta altistumisesta kosteudelle, monet puulajit ovat luonnostaan kosteudenkestäviä. Lisäksi asianmukainen pintakäsittely ja suojaus voivat parantaa puun kosteudenkestävyyttä ja pidentää sen käyttöikä. Puu kutistuu ja turpoaa kosteuden muuttuessa. Tämä on otettava huomioon rakennussuunnittelussa ja asennuksessa, jotta voidaan kompensoida puun mittojen muutokset kosteuden vaihtelun mukaan.

4.2 Lujuustekniset ominaisuudet

Puu on suhteellisen kevyt ja samalla erittäin luja materiaali. Puun lujuus-painosuhte on erinomainen, mikä tarkoittaa, että se pystyy kantamaan suuria kuormia suhteellisen vähällä painolla. Puulla on hyvä sidoslujuus, mikä tarkoittaa sitä, että sen solukot ovat tiiviisti toisiinsa kiinnittyneitä. Tämä antaa puulle hyvän kestävyuden vetovoimaa vastaan, mikä on tärkeää rakenteiden kannalta. Puulla on hyvä taivutus- ja puristuslujuus. Tämä tekee puusta hyvän materiaalin palkkien, lautojen ja pylväiden valmistukseen. Puu on luonteeltaan joustava ja kestää hyvin iskuja, mikä tekee siitä hyvän materiaalin esim. lattiamateriaaleihin, joita altistetaan päivittäiselle kulutukselle ja iskuille. Puun lujuustekniset ominaisuudet vaihtelevat eri puulajien välillä, ja ne voivat myös riippua puun kosteuspitoisuudesta ja rakenteesta. Oikean puulajin ja oikeanlaisen käsittelyn avulla puusta voidaan valmistaa lujuusvaatimuksia täyttäviä rakenteita.

4.3 Palotekniset ominaisuudet

Kaikki tietää, että puu on luontaisesti palava materiaali ja se voi syttyä tuleen suhteellisen helposti. Puulla on taipumus palaa nopeasti ja levittää tulta tehokkaasti, mikä voi aiheuttaa nopean palon etenemisen rakenteissa. Kun puu palaa, se muodostaa hiilikerroksen pinnalleen. Tämä hiilikerros toimii suojana puun alla olevaa pintaa vastaan ja hidastaa palon etenemistä. Puun palaessa se voi muodostaa palotilan, joka voi toimia polttopesänä ja ylläpitää paloa. Tämä voi johtaa suurempaan lämmöntuottoon ja palon jatkumiseen. Puuta voidaan kuitenkin käsitellä palonkestävillä aineilla, jotka hidastavat sen palamista ja vähentävät tulen syttymisen riskiä.

4.4 Lämpötekniset ominaisuudet

Puu on luonnostaan hyvä lämmöneriste. Puun solukko sisältää paljon ilmaa, mikä vähentää lämmön johtumista materiaalin läpi. Tämä auttaa säilyttämään sisätilojen lämpötilan ja vähentää lämmön siirtymistä ulkoilmaan. Puu kykenee imemään ja vapauttamaan lämpöä

hitaasti, mikä auttaa tasaamaan lämpötilavaihteluita sisätiloissa. Tämä ominaisuus luo miellyttävämmän ja tasaisemman sisäilman lämpötilan. Puu johtaa lämpöä hitaammin kuin useat muut rakennusmateriaalit, kuten betoni ja teräs. Tämä voi vähentää lämpöhäviötä rakenteiden kautta ja parantaa energiatehokkuutta. Puu pystyy varastoimaan lämpöä ja luovuttamaan sitä hitaasti ajan mittaan. Tämä voi auttaa tasapainottamaan sisäilman lämpötilaa ja luomaan miellyttävämmän ja tasaisemman elinympäristön. Puun lämpötekniset ominaisuudet tekevät siitä houkuttelevan rakennusmateriaalin energiatehokkaassa rakentamisessa. Se auttaa säilyttämään lämpötilan tasaisuuden, vähentää energiahäviöitä ja luo viihtyisän sisäilmaston.

4.5 Äänitekniset ominaisuudet

Puulla on useita äänitekniisiä ominaisuuksia, jotka tekevät siitä hyödyllisen materiaalin. Puu on luonnostaan hyvä äänen eristäjä. Sen tiheä rakenne ja solukko auttavat vaimentamaan ääntä ja estämään sen leviämisen. Puu voi vähentää ulkoa tulevaa melua ja estää äänien siirtymistä eri tilojen välillä. Puun pinta voi imeä osan ääniaalloista, mikä vähentää heijastuksia ja kaikua tiloissa. Tämä auttaa parantamaan äänien selkeyttä ja vähentämään häiritsevää kaikua. Puulla on kyky resonoida äänen kanssa. Se voi olla hyödyllistä esim. musiikissa ja äänentoistossa, kun halutaan saada aikaan lämmin ja luonnollinen äänimaailma. Puu voi vaimentaa värähtelyjä ja vähentää äänen kantautumista rakenteen läpi. Tämä on hyödyllistä lattiarakenteissa estäen askelten äänen siirtymisen alapuolisiin tiloihin. Puun äänitekniset ominaisuudet tekevät siitä mainion materiaalin äänistudioihin, konserttisaleihin, auditorioihin ja muihin tiloihin, joissa äänenhallinta on tärkeää. Lisäksi puu voi luoda miellyttävän ja luonnollisen akustiikan erilaisissa ympäristöissä.

4.6 Puun ominaisuuksien muuttaminen

Puun ominaisuuksia voidaan muuttaa erilaisin menetelmin ja käsittelyin. Puuta voidaan käsitellä erilaisilla kemiallisilla aineilla tai lämpökäsittelyllä. Esim. puun kyllästäminen suojaavilla aineilla parantaa sen kosteudenkestävyyttä ja pidentää sen käyttöikää. Lämpökäsittely puolestaan parantaa puun lujuusominaisuuksia, vähentää sen kosteusvaihteluita ja parantaa sen vakautta. Puu kuivataan usein ennen sen käyttöä. Kuivausprosessissa puusta poistetaan kosteutta, mikä auttaa vähentämään sen kutistumista ja turpoamista sekä parantaa sen lujuutta. Erilaisilla puulajeilla on erilaisia ominaisuuksia. Valitsemalla sopivan puulajin tiettyyn käyttötarkoitukseen voidaan optimoida puun halutut ominaisuudet, kuten lujuus, kosteudenkestävyys tai väri. Puun pinta voidaan käsitellä erilaisilla pinnoitteilla, lakka-aineilla tai maaleilla. Tällaiset pintakäsittelyt voivat parantaa puun ulkonäköä, suojata sitä kosteudelta ja lisätä sen kestävyyttä.

5 Rakennustekniikka

CLT-tuotanto perustuu projektikohtaisiin tilauksiin. Levyt valmistetaan ja työstetään kuivassa sisätilassa. CLT-rakentaminen on kokonaan ns. kuivaa rakentamista. Tästä syystä rakentaminen on poikkeuksellisen nopeaa, eikä rakentaminen aiheuta myöskään rakennusaikaista kosteuskuormaa muille rakenteille. Jos ulkoseinärakenne (Kuva 5) tehdään kolmesta vaippamaisesta kerroksesta, (CLT-rungosta, eristeestä ilman runkoa tai koolausta sekä ulkoverhouksesta) kylmäsiltoja ei synny. (Crosslam CLT)



Kuva 5. Työstetty CLT-elementti. (Hoisko 2017)

Suunnitteluvaiheessa arvioidaan hankkeen vaatimukset ja tavoitteet. Tämä sisältää suunnitelmien tekemisen rakenteesta, mitoista, määräajoista ja budjetista. Suunnitteluvaiheessa tulee ottaa huomioon myös mahdolliset standardit ja määräykset, joiden mukaisesti CLT-elementit valmistetaan. CLT-tuotannossa käytetään yleensä mäntyä tai kuusta. Materiaalin tulee täyttää tietyt laatuvaatimukset, kuten lujuusominaisuudet ja kosteuspitoisuus. Suunnitelmien perusteella valmistetaan tekniset piirustukset ja tuotantomallit. Näissä määritellään CLT-elementtien muodot, mitat ja yksityiskohdat. Suunnitelmien tulee sisältää myös tiedot liitoksista, saumauksista ja muista rakenteellisista ominaisuuksista. Tuotantoprosessin suunnitteluvaiheessa määritellään, miten CLT-elementit valmistetaan tehtaalla. Tämä sisältää raaka-aineiden hankinnan, puun käsittelyn, leikkaamisen, liimaamisen ja puristamisen vaiheet. Tuotannon aikana ja sen jälkeen suoritetaan laadunvalvontaa varmistaakseen, että CLT-elementit täyttävät laatuvaatimukset ja standardit.

5.1 Paikallarakentaminen

Paikallarakentaminen on rakennusmenetelmä, mikä tarjoaa useita etuja perinteiseen paikan päällä tapahtuvaan rakentamiseen verrattuna. Ensimmäinen paikallarakentaminen parantaa rakentamisen tehokkuutta ja nopeutta. Valmiiksi tehtaalla valmistetut elementit voidaan valmistella tarkasti suunniteltujen piirustusten ja mittojen mukaisesti. Tämä vähentää rakennusaikaa, sillä työvaiheita voidaan tehdä samanaikaisesti tehtaalla ja rakennustyömaalla. Lisäksi tehtaalla tapahtuva valmistusprosessi mahdollistaa paremman työn laadunvalvonnan ja virheiden minimoinnin. Paikallarakentaminen on myös ympäristöystävällistä. Tehtaalla tapahtuva valmistusprosessi mahdollistaa paremman materiaalien hyödyntämisen ja jätteen vähentämisen.

CLT-elementit valmistetaan mittatarkasti tehtaalla etukäteen ja toimitetaan rakennustyömaalle sovittuna ajankohtana valmiina käytettäväksi. Elementit saapuvat yleensä kuorma-autoilla ja työmaalla tarvitaan nosturi kuorman purkua varten. Rakennustyömaalla valmistellaan perustukset ja alapohja, jotta CLT-elementit voidaan asentaa. Tämä sisältää maanrakennustöitä, valumuottien asentamista ja betonitöitä. Elementit voidaan nostaa suoraan kuormasta perustusten päälle (Kuva 6) tai varastoida myöhempää asennusta varten. CLT-elementtien asennus on keskeinen vaihe CLT-paikallarakentamisessa. Elementit liitetään toisiinsa pitkillä, järeillä ruuveilla ja saumat tiivistetään tiivistysmassalla. Tiivistysmassa varmistaa rakenteen tiiveyden ja kestävyuden. (Crosslam CLT)



Kuva 6. CLT-seinäelementin paikalleen asennus. (Hoisko 2020)

Viimeistelyvaiheessa tehdään sisä- ja ulkopintojen viimeistelyä, eristystä, ikkunoiden ja ovien asennusta sekä muiden tarvittavien rakenteiden ja järjestelmien integrointia. Rakennuksen sisä- ja ulkopuoliset viimeistelytyöt suoritetaan CLT-rakenteiden asennuksen jälkeen. Tähän kuuluu muun muassa lattioiden, seinien ja kattojen pintakäsittely, maalaus, lattiamateriaalien asennus, sähkö- ja putkityöt sekä sisustus- ja ulkoalueiden viimeistely. Kun rakennus on valmis, suoritetaan lopputarkistus varmistaakseen, että rakennus täyttää kaikki rakentamisen määräykset ja suunnitelmat. Tarvittavat viranomaisyhtymät hankitaan ja rakennus otetaan käyttöön. CLT-elementeistä valmistetun pientalon rungon pystytys on nopeaa ja rakennuksen koon mukaan pystyttäminen kestää tavallisesti 1–4 päivää.

5.2 Tilaelementtitekniikka

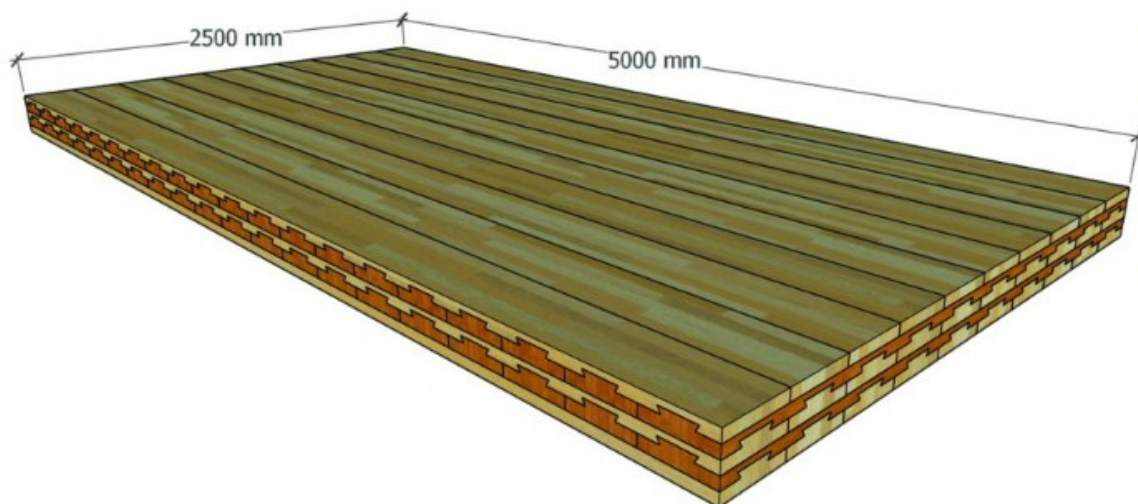
Varsinkin kerrostalorakentamisessa moduuli- eli tilaelementtirakentaminen on yleistymässä. Tilaelementtitekniikassa rakennus kootaan tehtaalla valmistetuista tilaelementeistä, joissa on valmiina seinät, lattia ja katto (Kuva 7). Tilaelementtitekniikka soveltuu parhaiten kohteisiin, joissa esiintyy toistettavuutta, ja sen etuna on nopea työmaavaihe, kun säästetään erillisiltä valu- ja juotostyövaiheilta. Tilaelementtitekniikka on tehokas ja laadukas rakennusmenetelmä. Se tarjoaa etuja rakentajille ja on yhä suosittu vaihtoehto nykyaikaisessa rakentamisessa.



Kuva 7. Kokonainen CLT-moduuli nosturin varassa. (Aitopuu Suomi Oy)

6 Lohenpyrstölevy

Englanniksi Dovetailed massive wood board element (DMWBE) ja suomeksi lyhyesti ja ytimekkäästi Lohenpyrstölevy (Kuva 8) perustuu yhteen vanhimmista ja perinteikkäimmistä puusepänteollisuuden liitostekniikoista. Liimaton ja ruuviton lohenpyrstölevy pieksee CLT-levyn ollessaan kokonaan puuta ja siten terveellinen ja vaivaton kierrättää. (Tampereen yliopisto 2023a) Mutta tuote on edelleen uudehko ja kehitettävää on vielä rutkasti.



Kuva 8. 2,5 metriä leveä ja 5 metriä pitkä lohenpyrstölevy piirroskuva. (Tampereen yliopisto 2023)

Vastaavissa puutuotteissa kuten ristiin liimatussa puutavarassa (CLT), liimapuussa ja viilupuussa (LVL) on liimoilla tärkeä rooli, sillä ne parantavat puuta, tekevät rakenteesta kevyen ja kestävä ja hillitsevät kosteuden aiheuttamaa laajenemista ja supistumista. Vaikka niihin liittyy edellä mainittuja etuja, liimojen käyttö aiheuttaa kuitenkin huolta kestävän kehityksen kannalta. Liimojen vallitseva käyttö vaikuttaa haitallisesti ympäristöön, esimerkiksi ilmastomuutokseen, ilman saastumiseen ja ihmisten terveyteen, koska niiden sisältämien raakaöljypohjaisten tuotteiden myrkyllisten kaasujen päästöt aiheuttavat ympäristöhaittoja. Näin ollen on vielä tilaa ratkaisulle, joka on kiinteää ja täysin puhdasta puuta, joka mahdollistaa mahdollisimman terveellisen sisäilman. (Tampereen yliopisto 2023b)

7 Kestävä kehitys

Kestävä kehitys on periaate, joka pyrkii tyydyttämään nykyisten tarpeiden lisäksi myös tulevien sukupolvien tarpeet. Se perustuu neljään keskeiseen ulottuvuuteen: ekologiseen, taloudelliseen, sosiaaliseen ja ympäristölliseen kestävyYTEEN. (Ympäristöministeriö 2023a)

7.1 Ekologinen kestävyys

Ekologinen kestävyys on kestävä kehityksen ulottuvuus, joka keskittyy ympäristön suojelemaan, luonnonvarojen kestävä käyttöön ja ekologisen tasapainon ylläpitämiseen. Sen tavoitteena on varmistaa, että ihmisen toiminta ei aiheuta peruuttamatonta vahinkoa ekosysteemeille ja luonnon monimuotoisuudelle. Ekologinen kestävyys pyrkii hillitsemään ympäristökuormitusta ja suojelemaan herkkiä ekosysteemejä. Se edistää resurssitehokkuutta, uusiutuvien luonnonvarojen käyttöä ja vähentää haitallisia päästöjä ja jätteiden määrää. Tämä voidaan saavuttaa esimerkiksi kehittämällä puhtaampia tuotantomenetelmiä, edistämällä kierrätystä ja käyttämällä uusiutuvaa energiaa. Ekologinen kestävyys pyrkii myös säilyttämään ja suojelemaan luonnon monimuotoisuutta. Monimuotoisuus on elämän perusta ja se tarjoaa tärkeitä ekosysteemipalveluja, kuten ravinnon tuotantoa, ilmaston säätelyä ja luonnonvarojen ylläpitoa. Suojelutoimenpiteisiin kuuluu esimerkiksi luonnonsuojelualueiden perustaminen, uhanalaisten lajien suojelu ja elinympäristöjen ennallistaminen. Ekologisen kestävyuden saavuttaminen edellyttää myös kestävä kulutusta ja elämäntapaa. Se kannustaa ihmisiä tekemään ympäristöystävällisiä valintoja, kuten vähentämään kulutusta, valitsemaan kestäviä tuotteita ja edistämään kestävä liikumista. Yhteenvetona voidaan todeta, että ekologinen kestävyys on keskeinen osa kestävä kehitystä ja se pyrkii säilyttämään luonnonvarat, suojella luonnon monimuotoisuutta ja vähentää ympäristövaikutuksia. Sen tavoitteena on varmistaa, että nykyiset ja tulevat sukupolvet voivat nauttia puhtaasta ympäristöstä ja kestävästä luonnonvaroista. (Ympäristöministeriö 2023b)

7.2 Puurakentamisen ekologisuus

Puurakentaminen viittaa rakennuksiin ja rakenteisiin, joissa pääasiallinen kantava runko on valmistettu puusta. Puuta käytetään laajasti myös rakennusten pintamateriaaleissa, kuten sisäverhouksissa, ulkoverhouksissa, parvekkeissa, terasseissa, aidoissa sekä erilaisissa piharakenteissa. Puun käyttö rakentamisessa on kasvussa ja tähän on hyvät syyt. Yksi tärkeimmistä syistä on ilmastonmuutoksen torjunta. Puurakentaminen auttaa vähentämään hiilidioksidipäästöjä, sillä puu toimii hiilinieluna sitomalla ilmakehän hiilidioksidia. Puu on myös uusiutuva luonnonvara ja usein saatavilla paikallisesti, mikä edistää kestävä kehitystä ja vähentää kuljetustarvetta. Lisäksi puu on kevyt, kierrätettävä ja hyvin

ilmastomyönteinen materiaali. Puurakentaminen edistää myös kiertotaloutta ja resurssi- ja energiatehokkuutta rakentamisessa. Puuta voidaan käyttää monipuolisesti eri rakennusosissa, ja sen käyttö vähentää tarvetta muiden materiaalien, kuten betonin ja teräksen, käyttöön. Puun käsittelyprosessit tuottavat vähemmän saastetta ja jätettä verrattuna muihin materiaaleihin. Lisäksi puurakennukset ovat usein hyvin eristettyjä, mikä parantaa niiden energiatehokkuutta. On tärkeää huomioida, että puun ekologisuus riippuu sen alkuperästä. Puun tulee olla peräisin kestävästi hoidetuista ja sertifioiduista metsistä. Tällainen puu on ympäristöystävällinen valinta. Puun luonnolliset ominaisuudet ja sen kyky sitoa hiilidioksidia tekevät siitä erinomaisen materiaalin kestäväen rakentamisen edistämiseen. Yksi kuutiometri kasvavaa puuta voi sitoa noin tonnin hiilidioksidia ilmakehästä, puun massa on noin 500 kg/m³, ja noin puolet tästä massasta on hiiltä = 250 kg/m³. Metsät ovat hiilinieluja ja puutuotteet hiilivarastoja. Siksi on järkevää käyttää mahdollisimman paljon massiivipuuta erityisesti monikerroksisessa rakentamisessa. Ennen 1990-luvun alkua suurin osa Euroopan maiden puurakennuksista rajoittui 1- tai 2-kerroksisiksi paloteknisten rajoitusten vuoksi, mutta viime vuosina monikerroksinen puurakentaminen on saanut yhä enemmän hyväksyntää Euroopan maissa, koska kansalliset rakennusmääräykset ovat muuttuneet määräyksistä toiminnallisiksi tai suorituskykyyn perustuviksi. Markkinoilla on nykyisin saatavilla monenlaisia insinööripuutuotteita, jotka korvaavat vähitellen perinteiset rakennusmateriaalit monikerroksisessa rakentamisessa. Monikerroksiset puurakennukset ovatkin olleet uusi lupaa teollisuudenala, jolla on suuri kapasiteetti tukea biotaloutta ja teknisesti uudistaa rakennusala. Ne voivat edistää sosiaalista hyvinvointia sekä alkutuotannossa että puupohjaisissa arvoketjuissa. (Nordtreat 2019)

7.3 Uusi rakentamislaki

Uusi rakentamislaki tulee voimaan 1.1.2025, jonka tarkoituksena on auttaa alaa kehittymään. Suurin muutos nykyiseen rakentamislakiin on ilmastonmuutoksen hillinnän tuominen osaksi rakentamisen lainsäädäntöä. Laki ohjaa rakentamaan vähähiilisesti, eli huomioidaan rakennuksen koko elinkaaren aikana syntyvät ilmastohaitat ja -hyödyt. (Ympäristöministeriö 2023c)

8 Yhteenveto ja pohdinta

Puun käyttö tuo kestävästä kehitystä rakentamiseen, mutta teollisen puurakentamisen yleistyminen vaivaavat mm. korkeaksi koetut kustannukset, laatuun liittyvät ennakkoluulot, kokemuksen puute, sekä rakentamisen vakiintuneet tuotantotavat. Näistä isoin ongelma on luultavasti hinta. Puutalon hinta saadaan lähelle betonitaloa, kun se on läpeensä pelkistetty teollinen ratkaisu, jossa puukerrostalo kootaan moduuleista. Muissa tapauksissa on kalliimpaa. Puurakentamisen kilpailukykyä heikentää myös sahatavaran hinnan kallistuminen, kovan kysynnän ja hupenevien resurssien myötä. Tilanne tuntuu edelleen olevan se, että puusta rakennetaan vain pakolla; tilaajan tai kunnan vaatimuksesta. Puukerrostaloja rakennetaan ja joudutaan tulevaisuudessa myös rakentamaan, koska määräykset siihen ohjaavat. Se ei mielestäni ole kaikkein terveellisin lähestymistapa asiaan. Kaiken kaikkiaan CLT:n käyttö julkisessa rakentamisessa Suomessa tarjoaa monia etuja kestävästä kehityksen näkökulmasta. Se edistää ekologista kestävyttä, luo taloudellisia mahdollisuuksia ja parantaa rakennusten energiantehokkuutta. Jatkossa on tärkeää jatkaa tutkimusta ja kehitystä CLT:n käytön parantamiseksi sekä edistää vastuullista metsänhoitoa varmistaaksemme sen pitkäaikaiset positiiviset vaikutukset kestävästä kehityksestä Suomessa.

Lähteet

Crosslam Oy. CLT- suunnittelun ohje. Viitattu 10.12.2022. Saatavilla <https://crosslam.fi/crosslam-clt/>

Demos Helsinki. 2021. Nöyrä-Puu-Puurakentamisen-peruskirja. Viitattu 4.5.2022 Saatavilla <https://demoshelsinki.fi/fi/julkaisut/noyra-puu-puurakentamisen-peruskirja/>

Hoisko. CLT Finland Oy. Julkinen rakentaminen. Viitattu 10.12.2022. Saatavilla <https://hoisko.fi/rakentaminen/julkinen-rakentaminen/>

Luonnonvarakeskus (Luke). 2022. Hakkuut nousivat 76 miljoonaan kuutiometriin vuonna 2021. Viitattu 9.12.2022. Saatavilla <https://www.luke.fi/fi/uutiset/hakkuut-nousivat-76-miljoonaan-kuutiometriin-vuonna-2021>

Nordtreat. 2019. Puurakentamisen kasvu perustuu ekologisuuteen, osaamiseen ja kilpailukykyyn. Viitattu 5.5.2023. Saatavilla <https://www.nordtreat.com/fi/insights/puurakentamisen-kasvu-perustuu-ekologisuuteen-osaamiseen-ja-kilpailukyvyyn-varmistamiseen>

Puuinfo Oy. 2020. Puun käyttö rakentamisessa. Viitattu 9.12.2022. Saatavilla <https://puuinfo.fi/puutieto/kayttokohteet/>

Puuinfo Oy. 2023 Monikerroslevy (CLT). Viitattu 24.2.2023. Saatavilla <https://puuinfo.fi/puutieto/insinorituotteet/monikerroslevy-clt/>

Puuinfo Oy. 2020. Puurakentaminen ja kestävä kehitys. Viitattu 11.12.2022. Saatavilla <https://puuinfo.fi/2020/06/18/puurakentaminen-ja-kestava-kehitys/>

Tampereen yliopisto. 2023. Professori Markku Karjalainen matkasaarnaa puurakentamisesta ja kehittää uutta rakennustuotetta. Viitattu 20.5.2023 Saatavilla <https://www.tuni.fi/fi/ajankohtaista/professori-markku-karjalainen-matkasaarnaa-puurakentamisesta-ja-kehittaa-uutta>

Tampereen yliopisto. 2023. Dovetailed massive wood board elements for multi-story buildings (Acronym: DoMWOB). Viitattu 20.5.2023 Saatavilla <https://www.tuni.fi/en/research/dovetailed-massive-wood-board-elements-multi-story-buildings-acronym-domwob>

Ympäristöministeriö. 2023. Eduskunta hyväksyi rakentamisen päästöjä pienentävät ja digitalisaatiota edistävät lait. Viitattu 5.5.2023 Saatavilla <https://ym.fi/-/eduskunta-hyvaksyi-rakentamisen-paastoja-pienentavat-ja-digitalisaatiota-edistavat-lait>

