

Huusko Esa

**CLT-massiivipuurakenteen palomääräysten ja
käytössä olevien palonestoaineiden vertailu
Suomen ja Euroopan maiden välillä**



Insinööri (AMK)

Rakennus- ja

yhdyskuntatekniikka

Kevät 2024



**KAMK • University
of Applied Sciences**

Tiivistelmä

Tekijä: Huusko Esa

Työn nimi: CLT-massiivipuurakenteen palomääräysten ja käytössä olevien palonestoaineiden vertailu Suomen ja Euroopan maiden välillä

Tutkintonimike: Insinööri (AMK), rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

Asiasanat: Massiivipuu, CLT-elementti, rakennustarvike, asuinkerros-, pien- ja rivitalo, suunnittelu, paloluokat, toiminnallinen palomitoitus, palomääräykset, palokuorma, palonkestävyys, sprinklaus, suojaverous, palonsuojaus, delaminoituminen, palonsuoja- ja palonestoaineet, rakennuslait ja -määräykset.

Opinnäytetyön tavoitteena oli saada tehtyä mahdollisimman kattava tietopaketti ja tilannekuva tällä hetkellä voimassa olevista palomääräyksistä Suomessa ja Euroopan maista etenkin Itävallassa, Saksassa, Sveitsissä, Ranskassa, Englannissa, Ruotsissa ja Norjassa. Tutustumalla ja perehtymällä näihin Euroopan eri maiden palomääräyksiin oli tarkoitus saada selville, miten paljon eri Euroopan maiden palomääräykset rajoittavat puurakentamista yleensä ja puurakenteiden näkyville jättämistä rakennusten sisä- ja ulkopinnoissa pientalorakentamisesta aina suuriin puukerrostaloihin asti. Lisäksi pyrittiin selvittämään tarkemmin, miten paljon palomääräykset rajoittavat ja vaikuttavat massiivipuurakenteiden ja etenkin CLT-elementtirakenteiden käyttöä ja niiden kehittämistä valituissa Euroopan maissa.

Tehtävänä oli tehdä mahdollisimman laajaa ja kattavaa vertailua eri Euroopan maiden palomääräysten kesken. Löytyykö palomääräyksistä paljon samankaltaisuutta, vaiko vain pieniä, lähes olemattomia eroavaisuuksia keskenään vai selviä isompiakin eroavaisuuksia keskenään tai jopa erittäin suuriakin eroavaisuuksia keskenään? Tämän vertailun perusteella yritettiin selvittää, löytyykö esim. eri maiden historiasta tai tehtyjen puurakenteiden palokokeiden tulosten tulkinnasta ja niiden hyödyntämisestä puurakentamisessa etenkin CLT- elementtirakentamisessa mitään selviä syitä eroavaisuuksiin palomääräyksissä eri maiden välillä.

Lisäksi perehdyttiin sekä Suomessa että Euroopassa yleisesti käytössä oleviin puurakenteiden etenkin CLT-elementtien palonkestoja parantaviin palonsuoja-aineisiin ja niiden vaikutustapaan. Mitä palonkestoaineita on jo olemassa ja onko kehitteillä jotain aivan uutta ja mullistavaa? Opinnäytetyössä yritettiin selvittää palonkestoja parantavien aineiden koostumusta, ympäristöystävällisyyttä, aineiden toimintatapoja ja levitysmenetelmiä ja -tapoja. Selvityksen perusteella keskityttiin varsinkin niihin palonsuoja-aineisiin, joita CrossLam Oy käyttää ja joiden levitysmenetelmä ja levitystapa soveltuvat parhaiten kooltaan suurien ja painavien CLT-elementtien palonkeston parantamiskäsittelyyn. Lisäksi otettiin esille kokonaan uusi yhteistyökumppani, jota CrossLam Oy on alkanut käyttää vuoden 2023 aikana tekemään palonsuojausta CLT-elementeissä käytettävälle raaka-aineelle eli laudoille ja lankuille.

Abstract

Author: Huusko Esa

Title of the Publication: Comparison of CLT Solid Wood Construction Fire Regulations and Fire Retardants in Finland and Europe.

Degree Title: Bachelor of Engineering, Construction and Civil Engineering

Keywords: CLT element, fire classes, fire load, fire regulations, fire resistance, fire protection and fire retardants.

The aim of the thesis was to get as comprehensive a package of information and a situational picture as possible of valid fire regulations in Finland and European countries, especially in Austria, Germany, Switzerland, France, England, Sweden and Norway. The fire regulations of different countries were studied. The aim was to explore the fire regulations limits in wooden construction in general and visible wooden structures on the interior surfaces, from small house constructions to large wooden apartment buildings. In addition, the aim was to explore in more detail the fire regulations limits and affects the use and development of solid wood structures, especially CLT element structures, in above mentioned European countries.

The object was to compare comprehensively a comparison as possible between the fire regulations of different countries. Furthermore, similarities and differences were investigated. In addition, generally used substances that improve the fire resistance of wooden structures that are generally used in Finland and in Europe were studied. The existing and possible new, revolutionary development in fire retardants were examined. The object was to discover the composition of substances that improve fire resistance, the environmental friendliness, the substances effects, and the methods of application.

Based on the investigation, the focus was on the fire retardants that CrossLam Oy uses and the application method and suited for the treatment of improving the fire resistance of large and heavy CLT elements.

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Palomääräykset Suomessa	3
2.1	Paloturvallisuus	3
2.2	Paloluokat.....	3
2.3	Puurunkoinen rakennus	5
2.4	Rakenteiden- ja rakennusmateriaalien palonkesto	6
2.5	CLT-elementtirunkoisen rakennuksen erityispiirteet.....	7
2.5.1	Paloturvallisuusasetus (848/2017) ja asetusmuutos (927/2020).....	8
2.5.2	Automaattiset sammutusjärjestelmät.....	9
2.5.3	Korkeapaineveesisumun toimintaperiaate.....	10
3	Massiivipuurakenteiden käyttö ulkomailla	11
4	Palomääräyksiä muista Euroopan maista.....	12
4.1	Itävalta.....	12
4.2	Saksa.....	13
4.3	Sveitsi	14
4.4	Ranska	15
4.5	Englanti (Iso Britannia)	16
4.6	Ruotsi.....	16
4.7	Norja.....	17
4.8	Euroopan maiden palomääräyksiä taulukkomuodossa.	18
4.8.1	Sveitsin, Iso-Britannian ja Ranskan palomääräyksiä.....	19
4.8.2	Ruotsin, Italiaan, Itävallan, Norjan, Saksan ja Suomen palomääräyksiä	20
5	CLT-elementtien valmistukseen käytetyt liimat ja niiden palonkesto	21
5.1	Hiiltymisnopeus ja sen vaikutus palonkestoon CrossLamin CLT-elementeissä	21
5.2	CLT-elementtien liitosten palonkestävyys	22
5.2.1	CLT-elementtiliitosten palomitoittaminen	22
5.2.2	Hiiltymisen antaman suojan huomiointi CLT-elementtiliitoksissa.....	23
5.2.3	Valmiiksi palolta suojattu liitos CLT-elementtien välissä ilman teräsosia	24
6	Yleisesti käytössä olevia puupintojen palosuojausmenetelmiä	25

7	Käytössä olevia palonsuoja-aineita	26
7.1	Nordtreatin palonsuoja-aineet.....	26
7.2	Burnblock-palonsuoja-aine	28
7.2.1	Burnblock-palonsuojauksen hyödyt	28
7.2.2	Burnblock-palonsuojauksen haitat	29
7.3	Fontefire-palonsuoja-aineet.....	29
7.4	HR-Prof-palonsuoja-aine	30
7.5	Fire Safe -palonsuoja-aineet.....	30
7.6	Teknoksen palonsuoja-aineet	31
8	CrossLam Oy: n käytössä olevat palonsuoja-aineet ja -tavat	32
8.1	Nordtreat NT DECO -palonsuoja-aine	32
8.2	Burnblock-palonsuoja-aine ja uusi yhteistyökumppani palonsuojauksessa	33
9	Palomääräysten vertailu.....	34
9.1	Samankaltaisia määräyksiä.....	34
9.2	Eroavaisuuksia palomääräyksissä.....	34
9.2.1	Pakolliset automaattiset sammutusjärjestelmät eli sprinklerit.....	35
9.2.2	Puupinnan näkyviin jättäminen rakennusten sisäpinnoissa	35
9.2.3	Palavan rakennusmateriaalin käyttö ulkoseinissä	35
9.2.4	Hiiltymisen antaman suojan huomioiminen.....	36
10	Yhteenveto CLT-elementtirakentamisen palomääräyksistä ja palonkestosta	36
10.1	Aiemmin tapahtuneet parannukset.....	36
10.2	Tulevaisuuden haasteita ja tavoitteita.....	37
10.3	Eurokoodit.....	38
11	Johtopäätöksiä palomääräyksistä.....	39

Lähteet

1 Johdanto

Opinnäytetyön aiheena on vertailla palomääräyksiä ja niiden eroavaisuuksia etenkin CLT-massii-vipuurakenteen kohdalla Suomen ja Euroopan maiden välillä. Lisäksi tavoitteena oli selvittää puurakenteisiin, eritoten CLT-elementteihin, nykyisin Suomessa käytettäviä palonsuoja-aineita. Palonsuoja-aineista selvitettiin niiden toimintatapoja, koostumusta, ympäristöystävällisyyttä sekä levitystapoja ja -menetelmiä, ja miten ne parantavat puumateriaalin palonkestoa.

Tämän tehtävän toimeksiantajana on vuonna 2014 perustettu Kuhmolainen CrossLam Oy, joka on Suomen ensimmäinen CLT-levyn valmistaja ja toimittaja. CrossLam valmistaa CLT-elementtejä mittatilauksena suoraan asiakasmittoihin työstettynä. CLT eli CrossLaminated Timber tarkoittaa massiivista ristiin liimattua puulevyä. Heidän tavoitteenansa oli saada vertailun avulla tietoa CLT-elementtirakenteisiin eri Euroopan maissa käytettävistä palomääräyksistä verrattuna Suomessa käytettäviin palomääräyksiin.

Suomessa on paljon elinkaarensa loppupuolella olevaa rakennuskantaa esim. vanhoja betonirakenteisia asuinkerrostaloja, joiden kunnossapitoa on jo vuosien ajan laiminlyöty, on tehty vain jotain pientä korjausta ja osassa jopa jätetty korjaukset kokonaan tekemättä. Kaikkein huonokuntoisimmat rakennukset, joiden peruskorjaus ei ole enää taloudellisesti kannattavaa, voitaisiin purkaa kokonaan tai osittain ja rakentaa tilalle kokonaan uusia puukerrostaloja. Ne rakennukset, joiden peruskorjaus olisi vielä taloudellisesti kannattavaa, voitaisiin peruskorjata ja niissä peruskorjauksissa voitaisiin käyttää puumateriaalia korjauksiin, mikäli se olisi rakennus- ja palomääräysten mukaan mahdollista. Esimerkiksi ulkopuolisessa lisäeristyskorjauksessa voitaisiin uutena julkisivumateriaalina käyttää puuta. Puusta esimerkiksi CLT-elementeistä on myös mahdollista tehdä lisäkerroksia vanhaan betoniseen kerrostaloon, jolloin saataisiin korjauksille lisää maksajia uusien asuntojen omistajien eli osakkaiden määrän lisääntymisen takia. Puurakentamista ympäristöystävällisenä rakennustapana ja puuta eri muodoissaan rakennusmateriaalina pitäisi käyttää yhä enenevässä määrin.

Puu on uusiutuva ja ekologinen rakennusmateriaali ja se ei lopu rakentamalla, ja lisäksi se sitoo hiilidioksidia jo kasvaessaan sillä, puu tarvitsee kasvaakseen hiilidioksidia ilmasta. Puu kasvaa yhteyttämällä auringonvalon avulla vettä ja ilmakehän hiilidioksidia. Hiilidioksidin hiilestä tulee

puun rakennusainetta samalla kun happi vapautuu takaisin ilmakehään. Noin puolet puuaineksesta on hiiltä. Nyrkkisääntö on, että 1 kuutiometri puuta varastoi 750 kg hiilidioksidia. Puu rakennusmateriaalina sitoo hiilidioksidia ilmasta vielä valmiissa rakennuksissakin niiden rakenteissa ollessaan. Massiivipuurakenne on hengittävä, ei sisällä muovia ja elementit tehdään sisätiloissa säältä suojassa, minkä ansiosta puutaloissa ei ole sisäilmaongelmia. Puutalossa asuminen olisi koettava ympäristöteoksi ja omaa terveyttä ja hyvinvointia edistäväksi. Puupinta on esteettisesti hyvä ratkaisu ja lisäksi se hygroskooppisena materiaalina tasaa kosteusvaihteluita asuinrakennuksen sisällä. [1.]

Puun käyttöä kantavina rakenteina rakentamisessa ja etenkin puukerrostalorakentamisessa jarruttavat tiukat palomääräykset sekä Suomessa että myös muualla Euroopassa. Osassa Euroopan maista Suomi mukaan lukien palomääräykset ovat todella tiukkoja ja rajoittavat tarkasti etenkin massiivipuupintojen ja vielä tarkemmin CLT-elementtien puupintojen näkyviin jättämistä rakennusten sisäpinoissa varsinkin korkeampien puukerrostalojen rakentamisen osalta. Osassa Euroopan maista palomääräykset rajoittavat tarkasti palavan rakennusmateriaalin, johon puupintakin luokitellaan, käyttöä myös ulkoseinän pintarakenteena.[2.]

Toisin kuin ihmisten yleinen käsitys on, massiivipuun- ja CLT-elementtirakenteet eivät pala kuin tulitikku eivätkä ne syty kovinkaan helposti, vaan ne palavat hitaasti hiiltymällä. Hiiltyminen muodostaa puupinnalle suojakerroksen, mikä omalta osaltaan hidastaa palon etenemistä syvemmälle puurakenteisiin.

Lähes kaikkien asuinkerrostalojen tulipalojen alkusyynä ovat yleensä asunnossa oleva irtaimisto tai tekstiilit riippumatta rakennuksen rakennusmateriaaleista. Lisäksi yli 2-kerroksisissa puukerrostaloissa Suomessa aina pakollisena olevat sprinklerit sammuttavat nämäkin tulipalot heti alkuunsa. Puurakenteinen kerrostalo on lähes yhtä paloturvallinen, ellei turvallisempikin kuin betonirakenteinen kerrostalo.

Puukerrostalorakentaminen pitäisi saada ihmisten ajatuksiin yhtä hyvänä, ellei parempana vaihtoehtona kuin betonirakenteinen kerrostalo ja olla ihan normaali rakennustapa jo nyt ja etenkin lähitulevaisuudessa. Rakennettaessa puukerrostaloja niiden hiilijalanjälki on myös paljon pienempi kuin betonikerrostalon.

2 Palomääräykset Suomessa

Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava rakennuksen suunnittelusta ja rakentamisesta siten, että rakennus täyttää sen käyttötarkoituksensa mukaisesti kaikki paloturvallisuudelle asetetut tekniset vaatimukset. Palon syttymisen vaara on oltava mahdollisimman vähäinen. Palomääräyksen tarkoituksena on ohjata kaikkea rakentamista siten, että mahdollisen palon syttyessä, palavasta rakennuksesta voidaan pelastautua ja lisäksi kaikki tarvittavat pelastus- ja sammutustoimenpiteet voidaan tehdä turvallisesti.

2.1 Paloturvallisuus

Ympäristöministeriön asetuksen rakennusten paloturvallisuudesta (848/2017) mukaisesti rakennusten paloturvallisuuden osoittamiseen on kaksi vaihtoehtoista menettelytapaa. Nämä ovat luokka- ja lukuarvoihin perustuva mitoitus eli ns. taulukkomitointi ja tapauskohtainen oletettuun palonkehitykseen perustuva toiminnallinen palomitoitus. [3.]

2.2 Paloluokat

Rakennukset jaetaan neljään paloluokkaan P0, P1, P2 ja P3. Paloluokkia P1, P2 ja P3 käytetään, kun rakennus suunnitellaan noudattaen palomääräysten paloluokkia ja lukuarvoja eli ns. taulukkomitointia. Luokka- ja lukuarvoihin perustuvaa eli ns. taulukkomitointia käytettäessä rakennuksen katsotaan täyttävän paloturvallisuuden kannalta olennaiset vaatimukset, kun rakennus yksityiskohdissaan täyttää asetuksessa annetut luokka- ja lukuarvot. [3, 1- luku, § 4.]

Taulukkomitointia käytettäessä rakennuksen palokuorma määräytyy P2- ja P3-paloluokissa rakennuksen käyttötarkoituksen mukaan ja P1-paloluokassa palokuormaryhmän mukaan. Puurungon palokuormaa ei tarvitse erikseen laskea, vaan se on otettu valmiiksi huomioon käyttötarkoituksen ja palokuormaryhmien mukaisissa palokuormissa. [2.]

Paloluokkaa P0 käytetään, kun rakennus suunnitellaan osin tai kokonaan perustuen oletettuun palonkehitykseen, joka kattaa kyseisessä rakennuksessa todennäköisesti esiintyvät palotilanteet eli käytetään toiminnallista palomitoitusta. Rakennus kuuluu P0-paloluokkaan esim. silloin, kun poistumisturvallisuus tai rakenteiden palonkestävyys perustuu toiminnalliseen palomitoitukseen.

Vaatimusten täytyminen todennetaan tapauskohtaisesti ottaen huomioon rakennuksen ominaisuudet, ja käyttö ja palokuorma on aina määritettävä kohdekohtaisesti. Tapauskohtaista toiminnallista palomitoitusta voidaan käyttää aina vaikka, rakennus olisi mahdollista toteuttaa myös taulukkomitoitukseen perustuen. Käyttämällä toiminnallista palomitoitusta taulukkomitoituksen asemasta haetaan usein kustannussäästöjä rakennushankkeeseen optimoimalla rakenneratkaisuja. Tätä voidaan täsmentää antamalla vastaavaa tavoitteellista turvallisuustasoa taulukkomitoituksen puolella ilmaiseva täsmennys, esimerkiksi P0(P2). [2.]

Toiminnallisessa palomitoituksessa käytetään menetelmiä, joiden kelpoisuus on osoitettu palotesteillä. Eurooppalaisten (EN) ja kansainvälisten (ISO) standardien mukaisten koe- ja laskentamenetelmien voidaan olettaa täyttävän kelpoisuusvaatimukset, mikäli sovellus on kyseessä olevan menetelmän pätevyysalueella. Suunnittelun perusteet, käytetyt suunnittelumallit ja saadut tulokset on esitettävä rakennuslupamenettelyn yhteydessä. [4, s.13.]

Paloluokkaan P1 kuuluvien yli 2-kerroksisten rakennusten kantavien rakenteiden pitää kestää sortumatta koko palon ja siihen liittyvän jäähtymisvaiheen ajan ilman, että paloa sammutetaan.

Paloluokan P2 vaatimukset rakennusten kantavien rakenteiden kohdalla ovat lievempiä kuin P1-paloluokassa. Tässä paloluokassa asetetaan rakennusten koolle ja henkilömäärille rajoituksia. Tähän paloluokkaan kuuluu enintään 8-kerroksiset ja 28 metriä korkeat asuinkerrostalot.

Paloluokka P3 on palonkestovaatimukseltaan kaikista lievin. Siinä ei rakennusten kantaville rakenteille aseteta yleensä palonkestovaatimuksia. Riittävään turvallisuustasoon katsotaan päästävän, kun rakennusten koko ja henkilömäärille asetetaan riittävät rajoitukset. Tyypillisesti enintään 2-kerroksinen ja 9 m korkea asuinrakennus.

Seuraavasta taulukosta 1 selviää paremmin rakennuksen paloturvallisuuden osoittaminen paloluokittain ja siinä kerrotaan vielä tarkemmin eri paloluokkien määräyksistä ja luetellaan kyseiseen paloluokkaan tyypillisesti kuuluvat rakennukset. [4, s. 10.]

RAKENNUKSEN PALOTURVALLISUUDEN OSOITTAMINEN

Taulukko 1. Paloluokat.		
Paloluokka	Kuvaus	Tyypillisiä rakennuskohteita
P0	<ul style="list-style-type: none"> Toiminnallisen palomitoituksen mukaan (henkilömäärää ja palokuormaa koskevat tiedot ilmoitettava) 	<ul style="list-style-type: none"> Yli 28 m korkea asuinrakennus Yli 28 m korkea työpaikkarakennus
P1	<ul style="list-style-type: none"> Rakennuksen kantavien rakenteiden oletetaan kestävän sortumatta palon ja jäähtymisvaiheen aikana ilman, että paloa sammutetaan (yleensä yli 2-kerroksisessa rakennuksessa) Rakennuksen kokoa ja henkilömäärää ei ole rajoitettu 	<ul style="list-style-type: none"> Rakennukset, jotka eivät ole sallittuja paloluokissa P2 ja P3
P2	<ul style="list-style-type: none"> Rakennuksen kantavien rakenteiden vaatimukset voivat olla P1-paloluokkaa lievemmat Riittävä turvallisuustaso saavutetaan asettamalla vaatimuksia erityisesti pintaosien ominaisuuksille ja paloturvallisuutta parantaville laitteille Rakennuksen kokoa ja henkilömäärää on rajoitettu käyttötarkoituksesta riippuen 	<ul style="list-style-type: none"> Enintään 8-kerroksinen 28 m korkea asuinrakennus Enintään 8-kerroksinen 28 m korkea hoitolaitos (pois lukien suljettu rangaistuslaitos) Enintään 8-kerroksinen 28 m korkea majoitusrakennus Enintään 8-kerroksinen 28 m korkea työpaikkarakennus Enintään 4-kerroksinen 14 m kokoonumis- ja liikerakennus 1-kerroksinen tuotanto- ja varastorakennus ¹⁾
P3	<ul style="list-style-type: none"> Rakennuksen kantavilta rakenteilta ei yleisesti vaadita palonkestävyyttä, joitakin tapauksia lukuun ottamatta (esimerkiksi osastoivilla rakenteilla myös R-vaatimus) Riittävä turvallisuustaso saavutetaan rajoittamalla rakennuksen kokoa ja henkilömäärää käyttötarkoituksesta riippuen 	<ul style="list-style-type: none"> Enintään 2-kerroksinen 9 m korkea asuinrakennus (kerrokset samaa palo-osastoa) Enintään 1-kerroksinen 9 m korkea hoitolaitos Enintään 2-kerroksinen 9 m korkea majoitusrakennus Enintään 2-kerroksinen 9 m korkea työpaikkarakennus Enintään 2-kerroksinen 9 m korkea kokoonumis- ja liikerakennus 1-kerroksinen 14 m korkea tuotanto- ja varastorakennus ¹⁾

¹⁾ Pääosin 1-kerroksisessa rakennuksessa toisen kerroksen tasolle saa sijoittaa osastoituna enintään 200 m² ja osastoimattomana enintään 50 m² oleellisesti rakennuksen toimintaan liittyviä tiloja.

2.3 Puurunkoinen rakennus

Puuta voidaan käyttää kantavana runkomateriaalina kaikissa paloluokissa enintään kaksikerroksiin rakennuksiin. P2-paloluokassa enintään 28 m korkeisiin (8-kerrosta) asuin- ja työpaikkarakennuksiin ja enintään 14 metriä korkeissa (4-kerrosta) muihin kuin asuin- ja työpaikkakäyttöön tarkoitettuihin rakennuksiin. P1-paloluokan yli 2-kerrosta korkeissa kerrostaloissa puuta ei saa käyttää runkomateriaalina.[2.]

P2-paloluokassa yli kaksikerroksisissa puukerrostaloissa kantavat puurakenteet tulee usein suojaverhota esimerkiksi kipsilevyllä. Suojaverhouksella tarkoitetaan rakennusosan pinnan muodostamaa osaa, joka suojaa alustaansa määrätyn ajan syttymiseltä, hiiltymiseltä tai muulta vaurioitumiselta. Suojaverhouksen tarkoituksena on palon kehittymisen rajoittaminen tietyn ajan tapauksissa, joissa rakennusosassa käytetyt rakennustarvikkeet vaaraa aiheuttavasti osallistuvat paloon. Suomessa palomääräysten taulukkomitoituksen mukaisessa suunnittelussa ovat käytössä suojaverhousluokat K₂ 10, jossa suojausaika on 10 min ja K₂ 30, jossa suojausaika on 30 min. Luokamerkinän alaindeksi 2 tarkoittaa, että kyseistä suojaverhousta voidaan käyttää kaikilla alustoilla riippumatta alustan tyypistä ja tiheydestä. Suojaverhousluokan lisäksi määräyksissä asetetaan vaatimuksia suojaverhouksessa käytettävien rakennustarvikkeiden luokalle. [2.]

2.4 Rakenteiden- ja rakennusmateriaalien palonkesto

Rakenteille asetetut palonkestovaatimukset ilmaistaan REI-luokkina, jossa R tarkoittaa rakenteen kantavuutta, E tiiviyyttä ja I eristävyyttä. Palonkesto aika ilmaistaan numerolla vaatimuksen perässä. Esim. REI 60 tarkoittaa, että rakenteen tulee säilyttää palotilanteessa kantavuutensa, tiiviytensä ja eristävyytensä 60 minuuttia. Puurunkoisten rakennusten kantavia rakenteita koskee sama REI 60 eli 60 minuutin palonkestovaatimus sortumatta kuin muistakin rakennusmateriaaleista tehtyjä kantavia runkorakenteita. [2.]

Palonkeston lisäksi rakenteiden kestoa ilmaistaan myös M-kirjaimella, joka tarkoittaa iskunkestävyyttä. Tämä M-luokitus arvioi rakennuksen/rakenteen kestoa dynaamisille iskuille, kuten räjähdykset tai törmäykset. Mittaamiseen käytetään erilaisia testejä ja standardeja ja M-luokitus auttaa määrittämään rakenteen kestoa ja turvallisuutta tietyissä ääriolosuhteissa.

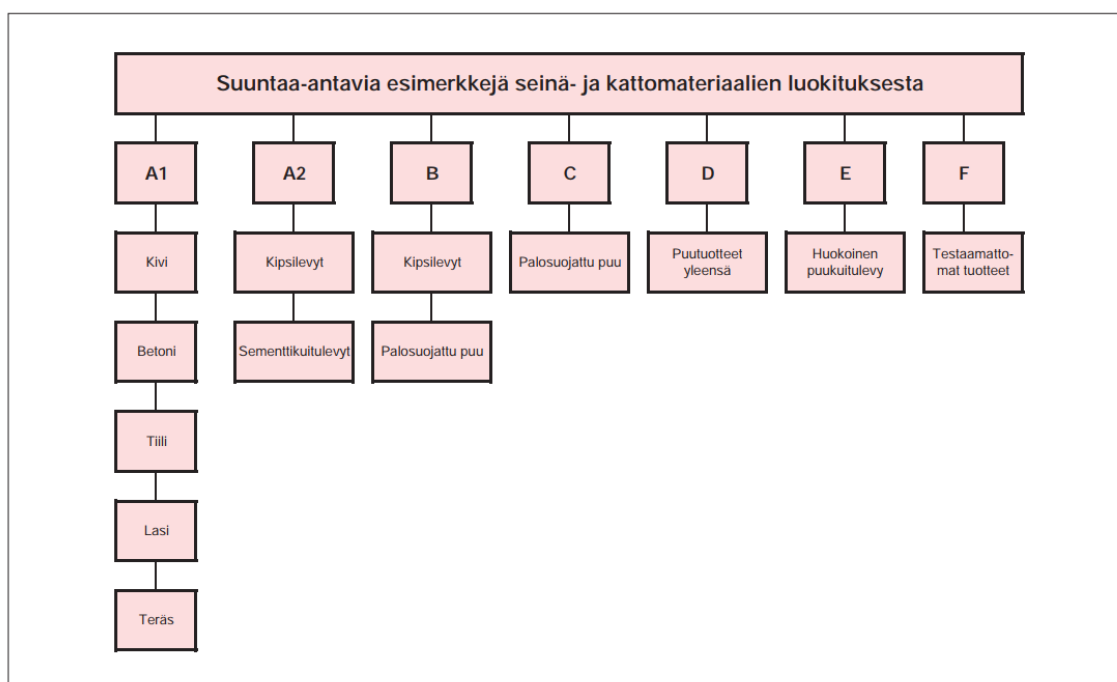
Erilaisten rakennusmateriaalien käyttöä rakennuksen ja rakenteiden eri osissa säädellään vaatimustaulukoissa esitetyillä rakennustarvikeluokilla: A1, A2, B, C, D, E ja F. Luokka ilmaisee sitä, kuinka materiaali osallistuu paloon palotilanteen alussa. A1- ja A2-s1, d0-luokan rakennustarviketä käyttäytyy samalla tavoin myös palotilanteessa, koska ovat palamattomia. Merkinnän perässä olevilla kirjaimilla on oma merkityksensä: s=savun tuotto ja d=palavien pisaroiden ja osien tuotto. Puutuotteet yleensä kuuluvat rakennustarvikeluokkaan D ja palosuojatulla puutuotteella päästään parhaimmillaan rakennustarvikeluokkaan B-s1, d0. Rakennustarvikeluokka löytyy aina tuotteen CE-merkinnän mukaisesta suoritustasoilmoituksesta. [4.]

Seuraavassa taulukossa 2 on esitetty eri rakennustarvikeluokat ja niiden yleiset merkitsemistavat sekä kuvaus kyseisen rakennustarvikeluokan osallistumisesta tulipaloon. Samasta taulukosta selviää hyvin myös se, miten merkitään savunmuodostus ja palavien pisaroiden tuotto. [4, s. 23]

Osallistuminen paloon		Savun tuotto		Palavien pisaroiden ja osien tuotto	
Kuvaus	Merkintä	Kuvaus	Merkintä	Kuvaus	Merkintä
Ei osallistu paloon	A1	Erittäin vähäinen	s1	Ei esiinny	d0
Osallistuu erittäin rajoitetusti	A2	Vähäinen	s2	Nopeasti sammuvia esiintyy	d1
Osallistuu hyvin rajoitetusti	B	Muu kuin s1 tai s2	s3	Muu kuin d0 tai d1	d2
Osallistuu rajoitetusti	C				
Osallistuminen hyväksyttävää	D				
Käyttäytyminen hyväksyttävää	E				
Käyttäytymistä ei ole määritetty	F				

Palosuojattuja puutuotteita käytettäessä tulee aina huolehtia siitä, että kyseistä tuotetta käytetään samalla tavalla ja samanlaisessa rakenteessa, kuin sitä on käytetty palotestauksessa. Esim. jos palosuoja-aine on testattu umpinaisella pinnalla, sillä ei välttämättä saa aikaan samanlaista suojausvaikutusta ritilämäisellä pinnalla. [2.]

Seuraavassa kuvassa 1 on esitetty suuntaa-antavia tietoja eri rakennusmateriaalien rakennustarvikeluokista rakennuksen seinissä ja katoissa. Nämä rakennustarvikeluokat ovat samat ja ne ovat voimassa kaikkialla Euroopassa [4, s. 25.]



2.5 CLT-elementtirunkoisen rakennuksen erityispiirteet

Massiivisina puurakenteina, joihin CLT-elementitkin voidaan luokitella, on niiden palonkestävyys jo itsessään erittäin hyvä ja ennustettavissa. CLT-elementin kosteusprosentti on noin 12, minkä vuoksi se ei syty nopeasti, ja syttyttyään se palaa hiiltymällä. Tämä hiiltynyt kerros toimii palotilanteessa suojaavana eristeenä, jolloin levyn sisäosat säilyttävät rakenteellisen lujuutensa menettämättä kantavuuttaan. Betonin heikkous palotilanteessa on, että vaikka se itse on palamaton materiaali, se rapautuu palossa kideveden hävitessä. Massiivipuun käyttäytyminen palotilanteessa on myös helposti ennakoitavissa ja laskettavissa. Kun puuosien käyttäytymistä palossa on

tutkittu, niin niiden heikoimmaksi lenkiksi ovat osoittautuneet teräslitokset, jotka heikkenevät kuumuudessa ensimmäisenä. [4.]

2.5.1 Paloturvallisuusasetus (848/2017) ja asetusmuutos (927/2020)

Asetusmuutoksen taustalla on VTT:llä suoritettujen kahden tunnin palokokeiden eri puutuotteilla. Testit olivat globaalissakin mittakaavassa urauurtavia. Tutkimustulokset puun ennakoitavasta ja mitattavasta käyttäytymisestä palotilanteessa olivat keskeisessä asemassa suojaverhousvaatimusten huojentamisessa. Asetusmuutoksella tehdään nyt selkeä ero pelkälle puurunkoiselle seinälle ja CLT-elementtiseinälle suojaverhouksen suhteen. [5.]

Nykyiset palomääräykset ja vuonna 2021 voimaan tullut paloturvallisuusasetuksen muutos (927/2020) tuo parannuksen CLT-elementtirakentamiseen. Tämä muutos mahdollistaa puupintojen täysin näkyviin jättämisen myös tapauksissa, joissa sisäpintoihin on aiemmin vaadittu suojaverhousta. Enintään 2-kerroksisissa P2-paloluokan puurunkoisissa rakennuksissa sisäpuoliset CLT-elementtien suojaverhokset voidaan nyt jättää kokonaan pois, kun seinissä käytetty kantava puumateriaali täyttää massiivipuulle ominaisen palokäyttäytymislukun ja vähimmäistiheyden 350 kg/m^3 , CLT-elementti- ja hirsirakenteet kuuluvat tähän luokkaan. [5.]

Asetusmuutos antaa paljon mahdollisuuksia rakennuksiin ulkonäöllisesti, koska palosuojattua puuta voi käyttää ulkoseinämaterialina P1-paloluokassa enintään 28 m korkeissa rakennuksissa ja P0-paloluokassa. Samalla säästetään rakennuskustannuksissa ja työajassa. 80-prosenttisesti puupintaisiin sisäseinäratkaisuihinhan on tähän saakka voinut päästä vain palonkestoluokkaa nostamalla (eli REI 60 on nostettu REI 90). Se on kuitenkin tarkoittanut paksumpia materiaaleja niin rungossa kuin ovissa, mikä on puolestaan nostanut kustannuksia merkittävästi. [5.]

Yli 2-kerroksisissa P2-paloluokan rakennuksissa suojaverhoamatonta puupintaa saa olla näkyvissä seuraavasti: ei kantavat väliseinät enintään 20 %, kun palo-osaston rakennusosat REI 60 ja yli 20 % mutta enintään 80 %, kun palo-osaston rakennusosat REI 90 ja yli 80 %, kun palo-osaston rakennusosat REI 120. [5.]

Toinen CLT-rakentamista koskeva muutos on se, että P0-paloluokassa poistuu kategorinen vaatimus palomuurin rakentamisesta. Rakennuksen paloturvallisuutta katsotaan kokonaisuutena, jol-

loin palomuurin tarpeellisuus voidaan arvioida tapauskohtaisesti. Palomuuuri voi jossain tapauksessa osoittautua ylimitoitetuksi ratkaisuksi, ja silloin paloturvallisuuskriteerit voidaan täyttää lievemmillä ratkaisuilla. [5.]

2.5.2 Automaattiset sammutusjärjestelmät

Suomessa yli kaksikerroksiset puurunkoiset asuin- ja työpaikkarakennukset tulee varustaa automaattisella sammutuslaitteistolla eli sprinklereillä. Automaattiseksi sammutuslaitteistoksi suositellaan korkeapainevesisumusammutusta, jonka sammutusvaikutus perustuu palon tukahduttamiseen. Kuvassa 2 näkyy yhden valmistajan korkeapainevesisumusuutin. Se ei palotilanteessa suihkuta pelkkää vettä, vaan korkealla paineella suihkutettavan vesisumun, joten se ei myöskään kastele talon rakenteita läheskään yhtä paljon kuin vanhemmat vettä suihkuttavat sprinklerit. Palon tukahduttamiseen riittää vain jopa vain kymmenesosa perinteisen vettä suihkuttavan sammutusjärjestelmän tarvitsemasta vesimäärästä. Sitäkään ei tarvitse massiivipuisessa rakennuksessa pelätä, että palon sammuttamiseen tarvittava vesi aiheuttaisi mittavat vesivahingot. Massiivipuorakenteiden liitokset ovat niin tiiviitä, ettei vesi pääse niiden läpi, jolloin huoneistoon suihkutettu vesi on sammutuksen jälkeen imuroitavissa pois ilman laajaa vesivahinkoa. Yleensä selvittää pintamateriaalien vaihdolla, joka jouduttaisiin tekemään myös muilla runkomateriaaleilla. Esimerkiksi korkeapainevesisumusprinklerin laukeaminen tuo vettä sammutettavaan tilaan 0,6 - 2,0 l/m²/min. Tämä on n. 12 - 40 % perinteiseen pelkkää vettä suihkuttavan sprinkleriin verrattuna. [2.]



Kuva 2 Korkeapainevesisumusuutin [6.]

2.5.3 Korkeapainevesisumun toimintaperiaate

Kuvassa 3 näkyy korkeapainevesisumutuksen toimintaperiaate. Suutin suihkuttaa korkealla (kovalla) paineella ilman ja veden muodostama korkeapainevesisumu eikä pelkkää vesisuihkua. Tällainen korkeapainevesisumu pystyy sammuttamaan tulipalonalun myös esim. pöydän alta, kun korkealla paineella suihkutettu vesisumu poistaa alueelta tulen/palamisen tarvitseman hapen eli tukahduttaa alkavan tulipalon.



Kuva 3 Korkeapainevesisumusuutin toiminnassa [7.]

3 Massiivipuurakenteiden käyttö ulkomailla

Talonrakentaminen kehittyy jatkuvasti, kun arkkitehdit, insinöörit ja tutkijat kehittävät uusia innovaatioita ja rakennusmenetelmiä. Massiivipuuta osana rakenteeltaan hyödyntävien rakennusten määrä on kasvanut maailmanlaajuisesti kehittäjien pyrkiessä kestäväan ja tehokkaaseen ja ympäristöystävälliseen rakentamiseen. Massiivipuuratkaisut sisältävät tuotteita, kuten liimapuu, ristikkäislaminoitu puu (CLT), naulalaminoitu puu (NLT), massavanerilevyt (MPP), laminoitu viilupuuta (LVL) ja vaarnapuuta (DLT). [8.]

Korkeiden massiivipuukerrostalojen rakentaminen etenkin CLT-elementtirakenteiden osalta on Suomessa ja muualla maailmalla kovassa kasvussa. Sitä pidetään yhtenä tärkeänä tekijänä puurakentamisen teknisen kehitystyön, puun käytön imagon ja yleisesti rakentamisen hiilijalanjäljen alentamisen kannalta.

Suomessa CLT-massiivipuuelementtejä alettiin valmistaa teollisesti vuonna 2014 Kuhmossa CrossLam Oy:n tehtaalla. Samoihin aikoihin niistä alettiin rakentamaan pien-, rivi- ja kerrostaloja. CLT-massiivipuuelementtitekniikan käyttö rakentamisessa on yleistynyt Suomessa ja myös Keski-Euroopassa esim. Itävallassa, Saksassa, Sveitsissä, Ranskassa, Puolassa ja näiden lisäksi myös muualla Euroopassa esim. Norjassa, Ruotsissa, Italiassa, Belgiassa, Hollannissa ja Englannissa.

Myös muualla maailmassa etenkin Australiassa vuoden 2016 muutos lainsäädännössä mahdollistaa aiempaa korkeampien puurakenteisten kerrostalojen rakentamisen. Lakimuutoksen jälkeen rakennukset voivat olla 25 metriä korkeita, eli ne voivat olla noin 8–9-kerroksisia. Australian ensimmäinen CLT-levyjä valmistava tehdas (XLam-yhtiö) aloitti toimintansa vuonna 2018 Wodongassa. Uusiseelantilainen XLam-yhtiö on ensimmäinen CLT-levyn tuottaja eteläisellä pallonpuoliskolla. Raaka-aineena molemmilla tehtailla käytetään paikallista mäntyä.

Yhdysvalloissa on keväällä 2021 hyväksytty uudet IBC:n (International Code Councilin) säännökset puurakentamisesta ja niiden paloturvallisuudesta, mikä mahdollistaa enintään 18 kerrosta korkean massapuurakenteisen kerrostalon rakentamisen. [9.]

Myös Kanadassa on vahvasti sitouduttu Wood First -asetuksen toteuttamiseen, mikä mahdollistaa jopa 12-kerroksisten massiivipuukerrostalojen rakentamisen ja siten edistää puun käyttöä julkisessa rakentamisessa. [10, s 7.]

4 Palomääräyksiä muista Euroopan maista

Ristiliimatun puun (CLT tai X-Lam) paloturvallisuussuunnittelua Euroopassa säätelee rakennustuoteasetus ja sen olennaiset vaatimukset, kuten kaikkia muitakin rakennustuotteita. Nämä vaatimukset ovat pakollisia ja niitä on käytettävä kaikissa Euroopan maissa. Ne sisältävät luokituksen rakennustuotteiden paloteknisistä ominaisuuksista, rakennusosien palonkestävyydestä ja eri rakenteiden Eurokoodit. CLT:n palotekninen suorituskyky on eurooppalaisen järjestelmän luokituksen mukaisesti määritelty. CLT-rakennuselementtien palonkestävyyden suunnittelu ei sisälly Eurocode 5:een, puun rakenteelliseen eurokoodiin. CLT-levyn/elementin palonkestävyyttä voi joko testata eurooppalaisten standardien mukaisesti tai se on laskettava vähän aikaa sitten kehitetyn massiivipuun hiiltymiseen perustuvien suunnittelumenetelmien perusteella. [11.]

Eurooppalainen rakennusten paloturvallisuusjärjestelmä sisältää tuotestandardit, suorituskykyluokat tulipalon sattuessa sekä testaus- ja laskentastandardit palosuorituskyvystä. Eurooppalaiset palostandardit rakennusten turvallisuudesta koskevat pääasiassa yhdenmukaistettuja paloteknisen toiminnan tarkastusmenetelmiä. [12.]

4.1 Itävalta

Itävallassa ihmisten suhtautuminen puurakentamiseen on luonnollista. Sitä ei kannata ihmetellä, sillä koko maan pinta-alasta noin puolet on metsän peitossa. Itävallassa on paljon erilaista puutuoteteollisuutta, ja kaiken kaikkiaan Itävalta on Euroopan suurin CLT-levyjien valmistaja. Lisäksi maassa on pitkä perinne paljon käsityötä vaativassa, alppialueelle tyypillisessä puurakentamisessa. Yleisesti Itävaltaa voidaan pitää puurakentamisen mallimaana Euroopassa ja maailmalla.

Yleisesti Itävallassa osavaltiot tukevat vihreää, ekologista ja hiilijalanjäljeltään matalaa puurakentamista taloudellisesti ja tuki voi olla 5–10 % rakentamiskustannuksista. Julkisen rakentamisen lisäksi tuki koskee myös yksityistä rakentamista ja siksi puun käyttö julkisen rakentamisen ohella myös asuinkerrostalorakentamisessa on kasvussa. Rakennuttajan on täytettävä tietyt puun käytön kriteerit, jotta on oikeutettu tukeen. Tuki on saanut Itävallassa ilmapiirin myönteisemmäksi puurakentamista kohtaan myös julkisessa rakentamisessa, vaikka pientaloasuntorakentamisessa siellä on aina käytettykin puuta rakennusmateriaalina.[13, s.34.]

Itävallassa liittovaltiot (9 kappaletta) määräävät palomääräykset itse, mutta ne liittyvät kansallisiin OIB-ohjeisiin, jotka koskevat esimerkiksi paloturvallisuutta, paloturvallisuutta käyttörakenteissa, autotalleja, pysäköintialueita ja korkeita rakennuksia, kuten asuinkerrostalot ja liikerakennukset. Palomääräyksiä kuitenkin voidaan tulkita hieman eri tavalla Itävallan eri liittovaltioiden välillä, mikä on kiellettyä yhdessä liittovaltiossa, voi olla sallittua jossakin toisessa liittovaltiossa. Kaikista tiukimmat palomääräykset ovat Wienissä. [14.]

Itävallassa voidaan rakentaa massiivipuisia CLT-elementtirakenteisia puukerrostaloja viiden kerroksen korkuiseksi ilman pakollista automaattista sammutusjärjestelmää eli sprinklereitä. Palomääräykset täyttyvät, kun esim. lattioihin asennetaan CLT-levyn päälle kuivia betonilaattoja, joiden päälle asennetaan puukuitulevy, osaan seinistä savipohjaisia levyjä ja osan voi jättää puupinnalle ja katot voivat jäädä puupintaisiksi. [15.]

Itävallassa suunnittelijoiden vastuut ovat huomattavasti Suomea suuremmat. Suunnittelijat vastaavat esittämiensä ratkaisujen teknisestä toimivuudesta ja myös siitä, että rakennushanke pysyy aikataulussa ja budjetissa. Rakennusvalvontojen roolit ovat erilaiset eri maissa. Itävallassa on edelleen turhaa rakentamisen sääntelyä, joka vaikeuttaa innovatiivista puurakentamista. Siellä on paljon uusia innovaatioita ja teknologisia ratkaisuja, joita he eivät voi normien takia ottaa käyttöön. Itävallassa johtavat puurakentamisen asiantuntijat ovat sitä mieltä että, kun kaikki CLT-elementit ja niiden liitokset ja tuoteosat on palotestattu ja -viranomaisten hyväksymiä, niiden pitäisi saada hyväksyntä Itävallan osavaltioiden lisäksi muuallakin Euroopassa. [13, s 15.]

4.2 Saksa

Yhteinen nimittäjä saksalaisille puutuotealan yrityksille on korkean tason suunnitteluosaaminen. Vaativissa puurakennuskohteissa niihin erikoistuneet yritykset ottavat suunnitteluvastuun rakenteista, rakenteiden paloturvallisuudesta ja niiden valmistuksesta itselleen. Yrityksillä on itsellään vahva suunnittelu- ja ohjelmointiosaaminen, jotta CLT-levyjen vaativat CNC-työstöt onnistuvat.[13.]

Saksassa palontorjuntaa säätelevät liittovaltiot, jotka ohjaavat rakentamista kansallisilla mallirakennusmääräyksillä, joissa on vain pieniä eroja eri liittovaltioiden välillä. Paloturvallisuussuunnittelun on perinteisesti ajateltu olevan riittävän hyvä, jos rakennus täyttää vaaditut rakennusmääräykset. Näiden vaatimusten ja määräysten noudattamisen on katsottu johtavan automaattisesti

"turvalliseen" rakennukseen myös palonkeston osalta. Nykyaikaisten rakennusten lisääntyvä yksilöllisyys sekä vaativat- ja monimutkaiset rakenteet ovat johtaneet siihen, että suorituskykyyn perustuva paloturvallisuussuunnittelu (paloluokka P0 Suomessa) on yleistynyt myös Saksassa. [14.]

Paloturvallisuus on sisällytettävä jo suunnitteluprosessin ensimmäisiin vaiheisiin. Lähes kaikissa rakennuksissa, kun niiden lattiataso on ylittää 7 metriä, tarvitaan todisteita riittävästä palosuojauksesta ja näkyville puupinnoille on kapselointivaatimus eli suojaverhous esimerkiksi kipsilevyllä. Tämä koskee myös kaikkia erikoiskäyttöön tarkoitettuja rakennuksia. Suunnitteluvaiheessa palontorjuntakonseptin suunnittelee pätevä yksityinen paloasiantuntija. [16; 17.]

Kerrostaloissa, joiden korkeus ylittää 22 m ei saa käyttää palavia materiaaleja rakennusten julkisivuverhouksissa. Saksassa korkeita kerrostaloja koskevissa erityisohjeissa edellytetään, että rakennusten suunnittelussa on integroitava rakennuksiin valmiiksi tietyt palonsammutuslaitteet, jotka mahdollistavat nopeamman reagoinnin mahdollisiin tulipaloihin, kuten erityiset vesihuoltotai palontorjuntahissit. [16.]

4.3 Sveitsi

CLT:n eli ristilaminoidun kerrospuun valmistus käynnistyi Sveitsin Lausannessa 1990-luvun alussa. Sveitsissä tehdään paljon 6–8 kerroksisia puukerrostaloja CLT-elementeistä, koska alle 30 metriä korkeat rakennukset luokitellaan keskikorkeiksi rakennuksiksi, jotka voidaan rakentaa kokonaan puurakenteisina ja vain pystysuuntaiset poistumisreitit on palosuojattava esim. kipsilevyllä. [17.]

Alle 30 m korkeissa CLT-elementtirakenteisissa puukerrostaloissa automaattiset sammutusjärjestelmät eli sprinklerit eivät ole pakollisia, mutta sprinklereiden asennuksella saadaan alennettua useissa uusissa rakennuskohteissa muutoin vaadittua palonkestovaatimusta 30 minuutilla. Lisäksi paloviranomaiset voivat vaatia sprinklerit näihinkin matalampiin asuinkerrostaloihin, joissa palokuorma muodostuu suureksi. Keskikorkeissa 11–30 m korkeissa kerrostaloissa voidaan ulkoseinissä käyttää palavia rakennusmateriaaleja esim. puuta, kunhan palokunnalla on esteetön pääsy sammutustöihin tarvittaessa. Rakennuksen ulkoseinät ja -verhous on rakennettava sillä tavoin, että mahdollinen tulipalo seinän ulkopuolella ei saa levitä yli kahden kerroksen korkuiseksi ennen sammutuksen alkamista. Tämä asettaa haasteita palavien rakennusmateriaalien esim. puun käyttöön ulkoseinien verhouksmateriaalina. [18.]

Yli 30 m, mutta alle 100 m korkeissa kerrostaloissa voidaan käyttää CLT-massiivipuurakenteita lineaarisin, kantaviin rakenteisiin, kun niihin asennetaan automaattinen sammutusjärjestelmä eli sprinklerit, mutta ulkoseinien pintamateriaalien on oltava palamattomia. [18.]

Sveitsissä ei ole lainkaan erillistä rakennusvalvontaa, vaan suunnittelijat kantavat täyden vastuun rakenteiden vaatimusten mukaisuudesta. Laillisesti sitovien VKF-palontorjuntamääräysten mukaan Sveitsillä on kuitenkin yksi maailman korkeimmista turvallisuusstandardeista. [13, s. 15.]

4.4 Ranska

Puurakentamista pidetään yleisesti Ranskassa yhtenä suurimpana tulevaisuuden taloudellista kasvua tuovana teollisuuden toimialana. Siksi puurakentamista edistetään määrätietoisesti, valtiojohtoisesti ja poliittisesti tukemalla julkisia suuria puurakennushankkeita ja -projekteja myös rahallisesti. Lisäksi puurakentaminen koetaan ekologisena, energiatehokkaana ja hiilineutraalina rakennusmuotona, ja se on siksi tärkeä osa ilmastomuutoksen vastaista politiikkaa. Ranskassa on myös solmittu sopimus julkisten rakennusalan toimijoiden kesken, jonka tavoitteena on matalahiilisen talouden kehittäminen, kilpailukyvyyn kasvattaminen ja puurakentamisen nostaminen yhdeksi tulevaisuuden suureksi toimialaksi rakennusallalla. Vaikka asenteet ja poliittinen tahto ovat Ranskassa kääntyneet puurakentamiselle myönteiseksi, siellä on myös omat ongelmansa. Yksi suurin ongelma on, että maassa ei ole riittävästi puuosateollisuutta tai puurakentamisen järjestelmätoimittajia. Vaikka maassa on omia metsiä paljon, niin rakentamisessa käytettävä puutavara ja puurakentamisen järjestelmät tuodaan suurelta osin Saksasta. [13, s. 28 – 33.]

Rakentamista ja rakennusten paloturvallisuutta säätelevät Ranskassa asunto- ja rakennuslaki, työlaki ja erityiset lait ja lisäksi ne ovat Ranskan paloasetuksen perusta. Paloturvallisuusmääräykset koostuvat sekä paikallisista että eurooppalaisista standardeista ja asetuksista, jotka integroituvat yhteen, kun EU-direktiivit yhtenevät kansallisella ja paikallisella tasolla. [19.]

Palontorjuntaosaaminen on Ranskassa jaettu eri ministeriöiden välille ja siihen kuuluu sisä-, asunto-, työ-, ympäristö- ja laiteministeriö. Nämä eri ministeriöt ovat yhteistyössä laatineet tietyt vähimmäisvaatimukset rakennusten suunnittelulle, rakentamiselle ja hoidolle, näillä vaatimuksilla pyritään myös estämään tulipalot ja varmistamaan rakennusten ja niiden rakenteiden paloturvallisuus. Viranomaiset luokittelevat rakennukset niiden koon ja rakennusmateriaalien perusteella eri luokkiin ja osoittavat niiden paloturvallisuusvaatimukset kullekin rakennustyyppille riippuen rakennukseen liittyvistä riskeistä. [19.]

4.5 Englanti (Iso Britannia)

Lontoossa on käynnissä suurin puurakentamisen buumi sitten suuren Lontoon palon (1666). Lontoon alueelle on noussut viime vuosina enemmän puukerrostaloja kuin koko Suomeen. Buumin taustalla on CLT-massiivipuun suosio. Sen avulla rakennetaan kohti korkeuksia jo 10-kerroksisia puukerrostaloja ja puisia pilvenpiirtäjiäkin suunnitellaan. Aluksi Englantiin tuotiin CLT-elementit Itävallasta, mutta vuonna 2016 sinne perustettiin oma CLT-levyä tuottava tehdas, jossa alettiin tuottaa CLT-levyistä elementtejä, joista alettiin tekemään tilaelementtejä. Englannissa rakennusten sisäpintaan asuinhuoneistoissa saa jättää CLT- massiivipuupintaa runsaasti esille, mitä asukkaat ja rakennuttajat haluaa. [13, s. 46 – 51.]

Greenfell Towerin, joka oli 24-kerroksinen betonirakenteinen kerrostalo, tulipalon 14.7.2017, jossa kuoli 72 ihmistä, jälkeen Englannissa on tehty uudet palo- ja rakennusmääräykset ja perustettu virka rakennusturvallisuusviranomaiselle. Uusien palomääräysten ja suunnitteluvaatimusten mukaan, jotka tulivat voimaan 1.8.2021 varmistavat, että kerrostalokohteissa huomioidaan paloturvallisuus jo suunnittelun alkuvaiheessa. Korkeiden asuinrakennusten rakentamisessa on osoitettava, että ne on suunniteltu paloturvallisuutta ajatellen ennen rakennusluvan myöntämistä myös tonttipohjan perusteella ja paloautoille on varattu sisäänkäynti. Nämä tiedot toimitetaan osana suunnitteluhakemusta paloilmoituksessa. Myös automaattiset sammutusjärjestelmät eli sprinklerit tulivat pakollisiksi kaikkiin kerrostaloihin rakennusmateriaalista riippumatta, joiden korkeus ylittää 11 m maanpinnasta. Palavien rakennusmateriaalien käyttö ei ole sallittua yli 18 m (6 krs) korkeiden asuinrakennusten ulkoseinissä. [20.]

4.6 Ruotsi

Lait ja määräykset määritellään kansallisella tasolla. Yksityiskohtaiset palosäännöt löytyvät BBR:stä (Boverkets Byggregler). Ennen rakentamisen aloittamista rakennuksesta vaaditaan tehtäväksi paloturvallisuusstrategia-asiakirja. Rakennuttajan tulee varmistaa, että rakennukset suunnitellaan ja rakennetaan voimassa olevien sääntöjen ja palomääräysten mukaisesti. Rakennukset jaetaan neljään paloluokkaan Br 0, Br 1, Br 2 ja Br 3 palonsuojaustarpeen perusteella. Paloluokassa Br 0 palosuojauksen tarve on erittäin suuri, paloluokassa Br 1 palosuojauksen tarve on suuri, paloluokassa Br 2 palosuojauksen tarve kohtalainen ja paloluokassa Br 3 palosuojauksen tarve on pieni. [21.]

Viime vuosina ristiliimattu puu eli CLT-elementtirakenteet, ovat ottaneet yhä näkyvämmän roolin ruotsalaisessa rakentamisessa. CLT-elementtirakentamista suositaan, koska se on ympäristöystävällistä materiaalia, joka on sekä vahvaa ja kevyttä ja sillä on painoonsa nähden hyvä kuormituskestävyys. Suuret, vakaat ja kestävät CLT-elementit tekevät asennuksesta helppoa, mikä mahdollistaa myös rakennusajan lyhentämisen. Lisäksi CLT-rakenne parantaa sisäilmaa ja sillä on korkea palonkestävyys. Alle 16-kerroksisten asuinkerrostalojen sisäpinnoissa voi palosuojatun CLT-elementin puupinnan jättää näkyviin, koska sen pinta täyttää pintaluokan B-s1, d0 paloturvallisuusvaatimukset. [21.]

Ruotsissa paloturvallisuussäännöt ovat melko selkeät. Ulkoverhouksessa se on yksinkertainen valinta: 1–2-kerroksisissa rakennuksissa julkisivut voivat olla palosuojaamatonta puuta ja palamatonta materiaalia yli 2-kerroksisissa rakennuksissa rakennusmateriaalista riippumatta tai materiaalin pitää läpäistä palotesti, SP Fire 105. Tämä asettaa merkittävän rajoituksen standardimenetelmien käytölle. Automaattiset sammutusjärjestelmät eli sprinklerit ovat pakollisia kaikissa yli 2-kerroksisissa rakennuksissa rakennusmateriaalista riippumatta. [21.]

Yli 16-kerroksisia puukerrostaloja asuinrakennuksiksi ei yleensä rakenneta Ruotsissa, koska se ei ole osa heidän perinteensä mukaista rakentamista. Mikäli rakennetaan, niin yli 16-kerroksisissa puurakenteisissa asuinkerrostaloissa CLT-elementin puupinnat on palosuojattava sisätiloissa esim. kipsilevyllä. Mutta esim. Skellefteån 20-kerroksisen kulttuurikeskuksen Saran CLT-elementtien sisäpinnat on kipsilevy verhouksen asemasta käsitelty ainoastaan paloa hidastavalla lakalla, koska kyseessä ei ole asuinrakennus. [21.]

4.7 Norja

Norjalaisia rakennusten paloturvallisuussuunnitelmia säätelee Norjan määräykset rakennusten teknisestä toimivuudesta, joissa on ohjeet ja ratkaisut tavanomaisiin rakennussuunnitelmiin. Lisäksi palontorjuntaa koskeva asetus säätelee rakennuksen käyttöä. Norjassa teknisissä palomääräyksissä rakennukset jaetaan neljään paloluokkaan 1, 2, 3 ja 4, ja jako perustuu tulipalon vaikutuksiin. Paloluokka 1 = tulipalon vaikutus lievä, paloluokka 2 = tulipalon vaikutus kohtalainen, paloluokka 3 = tulipalon vaikutus vakava ja paloluokka 4 = tulipalon vaikutus erittäin vakava. Paloluokkiin 1, 2 ja 3 on olemassa valmiit ohjeelliset suunnitteluratkaisut, mutta paloluokkaan 4 ei ole valmiita ohjeellisia suunnitteluratkaisuja, vaan paloturvallisuussuunnitelmat ovat tapauskohtai-

set ja perustuvat aiemmin tehtyihin paloanalyysiin ja palokokeiden tuloksiin. Alempien paloluokkien ohjeellisia suunnitteluratkaisuja saa käyttää myös paloluokassa 4, jos paloanalyysit ja palokokeiden tulokset osoittavat kyseisen ratkaisun olevan riittävän hyvä tässäkin paloluokassa. [22.]

Norjassa on olemassa käsitteellinen periaate, jonka mukaan CLT-elementtien puupinnat halutaan jättää ja jätetään näkyville rakennusten sisäpuolisissa näkyvissä pinnoissa. Teollisuudessakin kannatetaan tätä periaatetta ja suunnittelijat arkkitehditkin tekevät suunnitelmia niin, että CLT-elementtien puupinta saa jäädä näkyviin rakennusten sisäpinnoissa, koska näkyviin jäävällä puupinnalla on todettu olevan hyviä esteettisiä ominaisuuksia ja terveysvaikutuksia. [22.]

Automaattiset palonsammutusjärjestelmät eli sprinklerit ovat pakollisia ja ne vaaditaan Norjassa kaikkiin yli 2-kerroksisiin rakennuksiin niiden rakennusmateriaalista ja rakennuksen käyttötarkoituksesta riippumatta. [22.]

4.8 Euroopan maiden palomääräyksiä taulukkomuodossa.

Seuraavissa kuvissa 4 ja 5 on tietoa aiemmin tekstissä lueteltujen Euroopan maiden Suomi, Itävalta, Saksa, Sveitsi, Ranska, Englanti (Iso-Britannia), Ruotsi ja Norja ja lisäksi Italia, josta ei tietoa tekstiosassa palomääräyksistä ja niistä pystyy vertailemaan myös palomääräysten eroavaisuuksia keskenään eri Euroopan maiden välillä. Lisäksi taulukoista selviää, millaisia vaatimuksia esimerkiksi rakennuksen korkeuden osalta eri Euroopan mailla on puukerrostalojen rakentamiseen liittyvissä palomääräyksissä.

4.8.1 Sveitsin, Iso-Britannian ja Ranskan palomääräyksiä

Taulukossa 4 käsitellään ja vertaillaan puukerrostalorakentamisen palomääräyksiä Sveitsistä, Iso-Britanniasta ja Ranskasta. Kuva 4 on vuodelta 2016 ja Iso-Britannian kohdalla siinä on vanhentunutta tietoa rakennusten korkeuden osalta. Nykyisin automaattinen sammutusjärjestelmä eli sprinklaus vaaditaan jo yli 11 m 4-kerrosta korkeissa puukerrostaloissa. [23, s. 47]

PUUKERROSTALORAKENTAMISTA KOSKEVIEN PALOMÄÄRÄYSTEN VERTAILU YHDEKSÄSSÄ EUROOPAN MAASSA



Puun käyttö ei aiheuta lisävaatimuksia



Puun käyttö mahdollista taulukkomitoituksella erityisehdoin



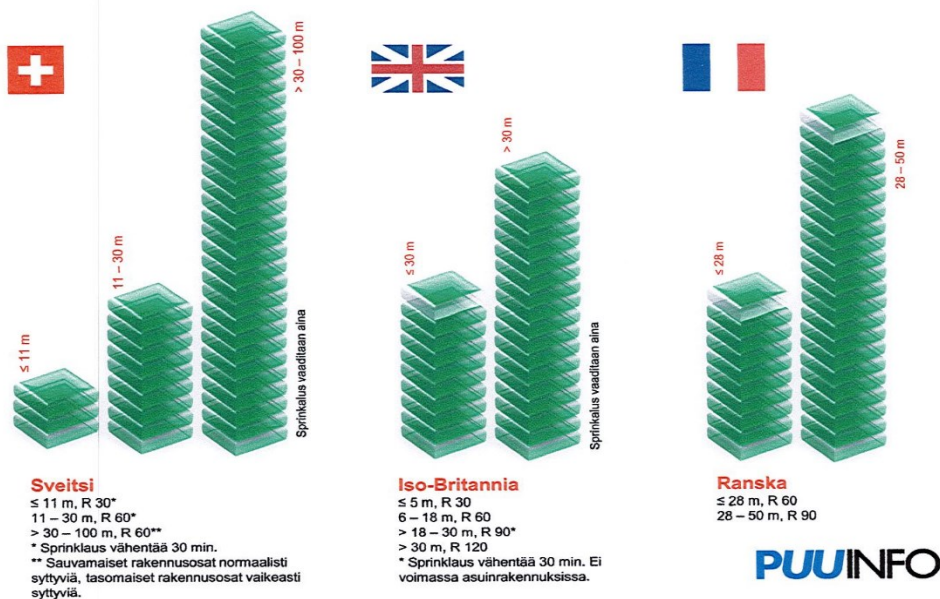
Puun käyttö edellyttää tapauskohtaista toiminnallista palomitoitusta

15.9.2016

Mikko Viljakainen

PUUINFO

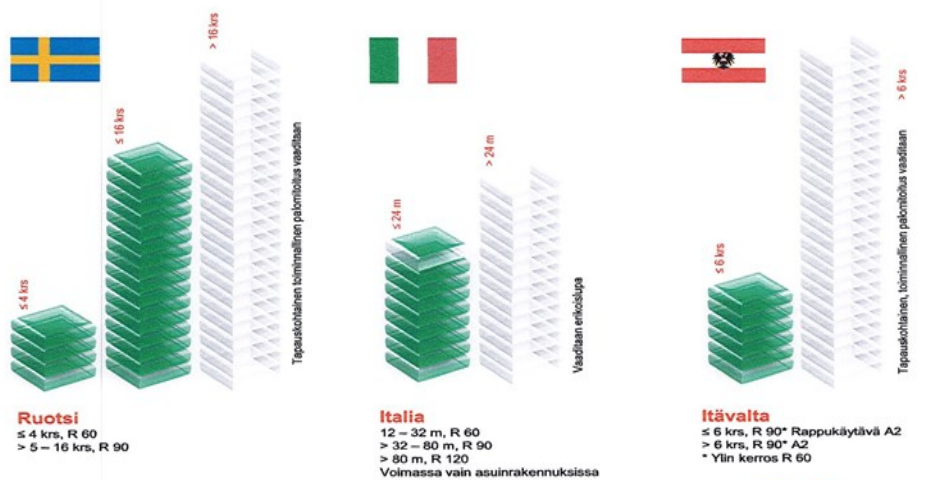
PUUKERROSTALORAKENTAMISTA KOSKEVAT PALOMÄÄRÄYKSET



4.8.2 Ruotsin, Italiaan, Itävallan, Norjan, Saksan ja Suomen palomääräyksiä

Kuvassa 5 käsitellään ja vertaillaan puukerrostalorakentamisen palomääräyksiä Ruotsista, Italiasta, Itävallasta, Norjasta, Saksasta ja Suomesta. Tästä kuvasta näkee selvän eron palomääräyksissä Suomen ja Ruotsin välillä. [23, s. 48 – 49.]

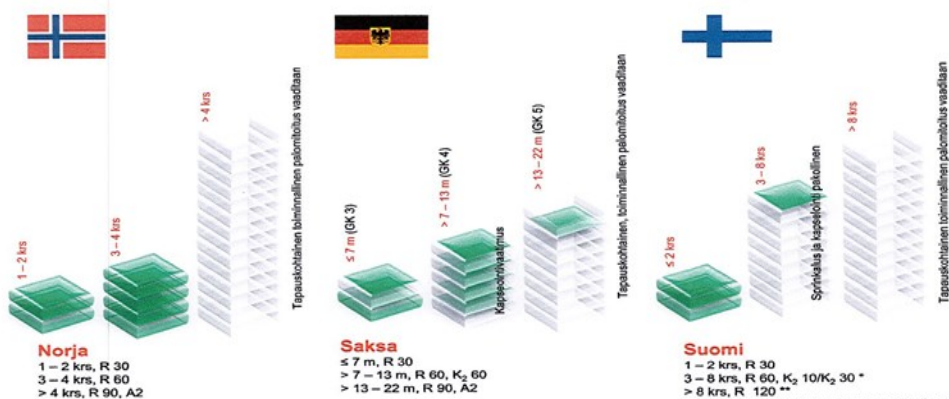
PUUKERROSTALORAKENTAMISTA KOSKEVAT PALOMÄÄRÄYKSET



Mikko Viljakainen

PUUINFO

PUUKERROSTALORAKENTAMISTA KOSKEVAT PALOMÄÄRÄYKSET



Lähteet: Holzforschung Austria, TU München, Lignum, The Building Regulations 2010, University of Sassari, cstb – Département Sécurité, Structure et Feu, Ympäristöministeriö, SP Wood Building Technology, SP Technical Research Institute of Sweden, SINTEF.

15.9.2016

Mikko Viljakainen

PUUINFO

5 CLT-elementtien valmistukseen käytetyt liimat ja niiden palonkesto

Yleisimmin Euroopan alueella CLT-levyjen tuotannossa käytetään pääasiassa yksikomponenttisiä polyuretaaniliimoja PU ja PUR ja kaksikomponenttisiä melamiiniformaldehydipohjaisia MF- ja melamiiniureaformaldehydipohjaisia MUF-liimoja. Suomalaiset CLT-levyjen valmistajat, kuten CrossLam Oy ja HOISKO CLT (CLT Finland Oy) käyttävät pääasiassa yksikomponenttisiä ympäristöystävällisiä PUR- ja PU-liimoja eli polyuretaaniliimoja. Näistä liimoista MU- ja MUF-liimojen on todettu palontestauksissa olevan lämmönkestävämpiä. [24; 25.]

Aiemmin tehdyissä palotestauksissa polyuretaaniliimoilla (PU ja PUR) liimatuissa CLT-levytestikappaleissa on havaittu lamellikerrosten delaminoitumista eli palon vaikutuksesta ulommaisena, paloa vasten olevan lamellikerroksen tai osan siitä irtoamista liimapinnastaan seuraavasta lamellikerroksesta. Tämä taas pienentää jo muodostuneen hiilymiskerroksen paksuutta ja lisää lämpövirtausta alla olevaan hiilymättömään puuhun. Tällöin seuraavassa lamellikerroksessa hiilymisnopeus kaksinkertaistuu, kunnes se saavuttaa 25 mm syvyyden uudelleen. [26, s. 9.]

Tätä kyseistä ilmiötä ei havaittu samoissa palotesteissä melamiiniurea-formaldehydiliimoilla (MUF) liimatuissa CLT-levytestikappaleissa. MUF-liimoilla liimatuissa CLT-levyissä hiilymisnopeus pysyy vakiona. MUF-liima on kaksikomponenttinen melamiiniurea-formaldehydiliima käytetään monien rakenteellisten puutuotteiden valmistukseen, erityisesti sormijatkamiseen, liimapuun ja CLT-levyjen valmistamiseen. MUF-liima vaatii kovettuakseen korkeamman lämpötilan ja muodostaa kuivuttuaan värittömän liimasauman. [26, s. 9.]

Vaikka näiden MUF-liimojen käytöllä saadaan lisättyä CLT-levyn palonkestoa, niin vastaavasti käytön haittapuolena on siirtyminen ympäristöystävällisestä ja hyväksi havaitusta liimasta ympäristöhaittoja sisältävään liimaan. Näiden MUF-liimojen käyttö ei siis välttämättä ole hyvä vaihtoehto.

5.1 Hiilymisnopeus ja sen vaikutus palonkestoon CrossLamin CLT-elementeissä

Yleisesti CrossLamin valmistamien CLT-elementtien puupinnan hiilymisnopeudeksi ilman palonsuoja-aineita voidaan käyttää arvoa 0,65 mm/min kyseinen arvo on valmistajan ilmoittama arvo. Hiilymisen antaman palonsuojan mukaan delaminoitumista ei tapahtuisi, mikäli puulamelli kerrosten välistä liimapintaa ei saavutettaisi vaadittuna palonkestoajana ollenkaan. Jos palonkesto vaatimus olisi REI 60, voitaisiin pintalamellikerrokset tehdä 50 mm paksusta puutavarasta. Kun

hiiltymisnopeus on 0,65 mm/min, niin rakenne palaisi hiiltymällä tunnin (60 min) aikana 39 mm, jolloin ei saavutettaisi 50 mm syvyyttä kyseisenä palonkestovaatimusaikana ollenkaan. Mikäli tavoitellaan REI 90-palonkestovaatimusta pintalamellikerroksen paksuuden pitäisi olla 60 mm. Kun hiiltymisnopeus on 0,65 mm/min, niin rakenne palaisi hiiltymällä puolentoista tunnin (90 min) aikana 58,5 mm, jolloin ei saavutettaisi 60 mm syvyyttä kyseisenä palonkestovaatimusaikana ollenkaan. Kummassakaan ei tapahtuisi delaminointumista ollenkaan, joten sitä ei tarvitsisi huomioida hiiltymisnopeuden nousuna kantavuuslaskelmissa jäännöspoikkileikkausta laskettaessa. [26,s. 46.]

5.2 CLT-elementtien liitosten palonkestävyys

Käsittelen hieman myös CLT-elementtien liitoksia ja niiden vaikutusta rakennuksen palonkestoon. CLT-elementtien liitoskohta, jossa käytetään teräsosia, saattaa olla palonkestoltaan selvästi heikompi kuin itse massiivipuinen CLT-elementti.

5.2.1 CLT-elementtiliitosten palomitoittaminen

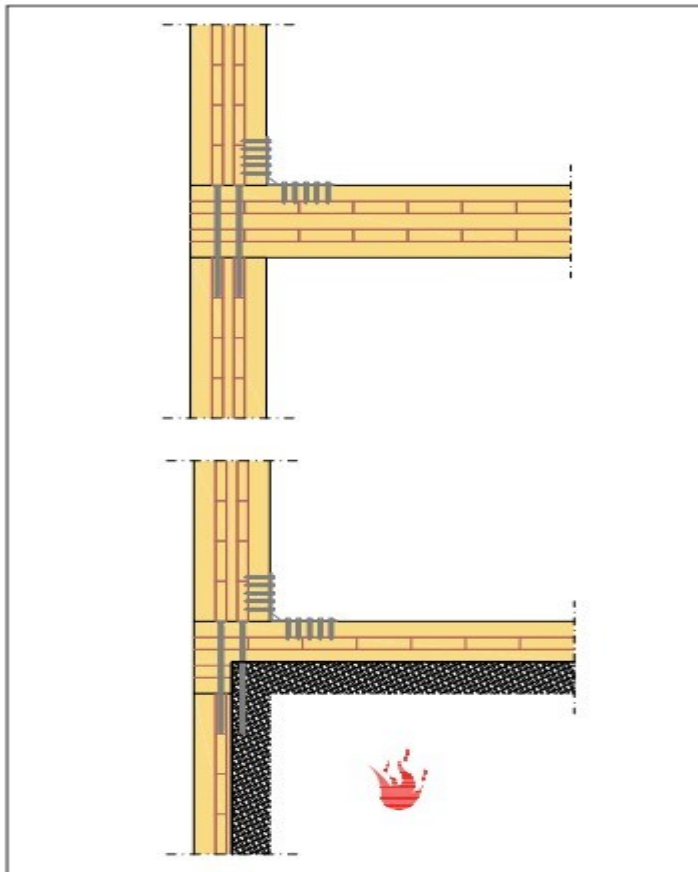
Puurakenteiden esimerkiksi CLT-elementtien liitosten palomitoittaminen on kokonaisvaltainen suunnittelutehtävä, jonka tärkein vaihe on oikeanlaisen liitostyyppin valinta. Liitoksissa joudutaan usein käyttämään teräsosia ja puikkoliittimiä esimerkiksi pitkiä ruuveja, joiden palonkesto ilman palonsuojausta on rajallinen. Liitosten suunnittelussa pyritään siihen, että käytettävät teräksiset liitososat jäisivät liitettävien puurakenteiden sisään tai valmiiden palosuojalevytysten taakse, jolloin liitoskohta on jo valmiiksi palosuojattu. Puukerrostalossa teräksiset liitososat ovat enimmäkseen palosuojalevytysten takana jo ulkonäkösyistä. Tämän takia liitosten palosuojaus ei aiheuta puukerrostalossa niin suurta haastetta kuin esimerkiksi hallirakennuksissa. Mikäli liitososia joudutaan erikseen palosuojaamaan, kannattaa ne suojata koko tavoitellulle esim. REI 60 -palonkestojalle. [4,s. 95.]

Hiiltyvissä puurakenteissa teräksisten liitosruuvien palonkestävyyden lisäksi joudutaan myös tarkastelemaan pitkien liitosruuvien reuna- ja päätyetäisyyksiä sekä itse liitettävien puurakenteiden paksuuksia, koska puurakenteen hitaasti hiiltyessä nämäkin etäisyydet pienenevät. Suojaamattomilla pitkillä liitosruuveilla toteutetuilla liitoksilla päästään enintään 15–20 minuutin palonkestävyyteen. Tätä pitempään palonkesto aikaan päästäkseen pitää puurakenteiden dimensioita eli

paksuutta useassa tapauksessa kasvattaa ja lisäksi liitoksen teräsosia palosuojata. Suojaamattoman naula-, ruuvi- ja tappivaarnaliitoksen palonkestävyyttä voidaan kasvattaa enintään 30 minuuttiin suurentamalla liitettävien puurakenteiden dimensioita sekä ruuviliitosten reuna- ja päätetyäisyyksiä. Ruuviliitoksissa ei tässä tapauksessa saa olla mitään ulkonevia kantoja. [4, s. 95.]

5.2.2 Hiiltymisen antaman suojan huomiointi CLT-elementtiliitoksissa

Kuvassa 6 näkyy, miten hiiltymisen antama suoja otetaan huomioon CLT-elementtien liitoksia tehdessä. Liitoskohdassa käytetään tarvittava määrä erilaisia ja eri pituisia teräsruuveja eri kohtiin laitettuna, jolloin ne eivät kaikki ole alttiina palon vaikutukselle. Hiiltymämitoitus ilman palosuojasta johtaa usein paksuihin CLT-elementteihin.



Kuva 6 Palo vaikuttaa liitokseen alapuolelta, mutta eri kohtiin sijoitetut eri mittaiset teräsruuvit eivät kaikki joudu kosketukseen tulipalon kanssa, kun hiiltyminen suojaa niitä [4, s.95.]

5.2.3 Valmiiksi palolta suojattu liitos CLT-elementtien välissä ilman teräsosia

Puurakenteiden välistä liitosta ei aina tarvitse toteuttaa teräsosilla ja puikkoliittimillä. Seuraavassa kuvassa 7 näkyy yksi tapa toteuttaa CLT-elementtien välinen liitos ilman teräsosia. Esimerkiksi leikkausvoimaa ja normaalivoimaa siirtävä liitos voidaan toteuttaa myös ns. kontaktiliitoksilla tekemällä liitoskohtaan hammastuksen. Erityisesti massiivipuurakentamisessa, jossa elementtien työstämiseen käytetään CNC-koneita, voidaan käyttää liitoksissa jo tehtaalla elementteihin valmiiksi työstettyjä kontaktiliitoksia.



Kuva 7 CNC- koneella valmiiksi tehtaalla työstetty kontaktiliitos [4, s.95.]

6 Yleisesti käytössä olevia puupintojen palosuojausmenetelmiä

Monissa maissa, Suomi mukaan lukien puurakenteet yleisesti ja myös CLT-elementtirakenteet päällystetään sisäverhousten palosuojauksen varmistamiseksi esim. kipsilevyillä. Tämä on usein tarpeellista, sillä vaatimusten mukainen palosuojaus voidaan usein saavuttaa myös käsittelemällä CLT-elementtien sisäpinnat kyseiseen tarkoitukseen sopivalla palosuoja-aineella.

Puupinnoille on nykyisin käytössä myös monen eri valmistajan kehittämiä nestemäisiä palonsuojatuotteita. Aiemmin palonsuojakäsittely vaati painekäsittelymenetelmän, tyypillisesti ns. autoklaavissa. Nykyiset tehokkaat ja hyvin säätä kestävät palonsuoja-aineet eivät tarvitse painekäsittelyä. Palonsuojakäsittely on nykyään mahdollista tehdä myös teollisilla maalauslinjoilla, esim. vakuumi-, ruisku- ja harjalinjastoilla. [27.]

Paloa hidastavia pinnoitteita puulle on kolmenlaisia: tulenkestäviä puukyllästeitä, paisuvia palosuojamaaleja ja liekkiä tukahduttavia pintamaaleja. Kaikki kolme pinnoitetta voidaan yhdistää palosuojasysteemiksi, mutta ne suojaavat tulelta myös erikseen asennettuina. On olemassa erilaisia kirkkaita (värittömiä) tai sävytettyjä palonsuoja-aineita, -lakkoja, -maaleja ja palonsuojakyllästeitä, jotka suojaavat puupintaa aluksi syttymiseltä ja jopa tietyn ajan palamiselta. Samalla palonsuoja-aineet parantavat/nostavat puutuotteiden normaalia rakennustarvikeluokkaa D jopa rakennustarvikeluokkaan B-s1, d0, joka on korkein mahdollinen rakennustarvikeluokka puumateriaalille. Palosuojamaalit voidaan luokitella myös sillä perusteella, kuinka pitkään se estää puupintaa syttymästä. Nämä luokat ovat R 15, R 30, R 45, R 60, R 90, R 120, R 240 ja R 360, ja ne viittaavat suoraan niiden antamaan suoja-aikaan minuuotteina. Maalaamalla puupinta teollisesti palosuoja-maalilla, voidaan puupinnalle saavuttaa korkeimmillaan syttymisen estoluokka R 240. [28.]

7 Käytössä olevia palonsuoja-aineita

Suomessa ja myös muualla Euroopassa on käytössä monen eri valmistajan valmistamia erilaisia palonsuoja-aineita. Kyseiset palonsuoja-aineet vaikuttavat puupinnan palonkestoon eri tavoin ja niiden soveltuvuus CLT-elementeille on vaihtelevaa. Esittelen tässä muutamien eri valmistajien palonsuoja-aineita ja niiden vaikutustapaa puupinnan palonkestoon. Olen tuonut esille palonsuoja-aineiden hyötyjä niiden käyttöön liittyen. Osalla palonsuoja-aineista on myös haittavaikutuksia niiden käyttöön liittyen ja olen pyrkinyt tuomaan niitäkin esille kyseisten palonsuoja-aineiden kohdalla.

7.1 Nordtreatin palonsuoja-aineet

Nordtreatin palonsuoja-aineilla valmistajan ohjeiden mukaan käsitellyt puutuotteet täyttävät rakennustarvikkeiden Euroluokan B-s1, d0 vaatimukset. Tämä tarkoittaa, että tuotteet vaikuttavat palon etenemiseen hyvin vähäisessä määrin, niiden savun tuotanto on erittäin vähäistä eivätkä ne aiheuta palavia pisaroita. Tämä on samalla korkein puupinnoille palokäsittelyllä saavutettava rakennustarvikkeiden paloluokitus. [29.]

Uuden sukupolven ympäristöystävälliset palonsuoja-aineet ovat vesipohjaisia liuoksia, jotka sisältävät mm. elintarvikekelpoisia suoloja ja erilaisia polymeerejä. Ne vaikuttavat puun palamiseen esimerkiksi luomalla puun pinnalle palamiselta suojaavan hiilikerroksen tai vaikuttamalla pinnan hiiltymiseen puun solukossa tapahtuvien muutosten kautta. Nordtreatin ympäristöystävälliset palonsuoja-aineet edustavat viimeisintä palosuojauksen teknologiaa, ja ne ovat myös pH-neutraaleja. Ympäristöystävällisten palonsuoja-aineiden käyttö tarjoaa testatun palosuojan lisäksi muitakin etuja: esim. Nordtreatin NT DECO:n päästoluokka on M1 ja ulkokäytössä sen säänkesto täyttää pohjoismaisen standardin NT054 sekä sitä seuranneen tammikuussa 2018 voimaan astuneen eurooppalaisen standardin EN 16755:2007 mukaisen EXT luokan vaatimukset. [29.]

Kuultava Nordtreat NT DECO -palonsuoja-aine jättää puun luonnollisen syykuviointiin näkyviin joko kirkkaana tai sävytettyinä haluttuun värisävyyteen. Monissa tapauksissa piiloon jäävät CLT-elementtien pinnat käsitellään värittömällä ja näkyviin jäävät pinnat sävytettyillä palonsuoja-aineella. Tuote voidaan levittää telalla, harjalla tai korkeapaineruiskulla, yleensä 3–4 kerroksena. Standardin EN 13501 mukainen paloluokka B-s1, d0 saavutetaan käsittelemällä CLT:n näkyvä pinta 350 g/m² Nordtreatin NT DECO -palonsuoja-ainetta. [29.]

Puutuotteiden teolliset valmistajat ja pintakäsittelijät voivat sertifioida palosuojakäsittelynsä tuotekohtaisesti. Esim. Nordtreatin palonsuoja-aineilla tehty käsittely on sertifioitu monille kuusesta, lehtikuusesta ja setristä valmistetuille tuotteille, ja näin käsitellyt puutuotteet voidaan hakemuksesta CE-merkitä. [29.]

CrossLamin valmistamille CLT-elementeille on aiemmin käytetty palonsuojaukseen Nordtreat NT DECO -palonsuoja-ainetta joko kirkkaana tai sävytettynä. Myös toinen Suomessa CLT-elementtejä valmistava yritys CLT Finland Oy eli tuttavallisemmin Hoisko CLT käyttää valmistamiensa CLT-elementtien palonsuojaukseen tätä samaa Nordtreat NT DECO -palonsuoja-ainetta. Lisäksi myös Stora Enso, jonka CLT-elementit valmistetaan Itävallassa käyttää valmistamiensa CLT-elementtien palonsuojaukseen samaa Nordtreat NT DECO -palonsuoja-ainetta.

Nordtreat NT DECO -aineella tehtävä palosuojaus on mahdollista tehdä myös työmaolosuhteissa. Kaikki palonsuojaustyöt on aikataulutettava ja toteutettava tarkasti palonsuoja-aineen valmistajan ohjeiden mukaan ja kaikki vaiheet on dokumentoitava asianmukaisesti, tällöin myös paloviranomaisen on helppo tarkastaa tehdyn palonsuojakäsittelyn vaatimustenmukaisuus. Tämä yksinkertaistaa myös vastaavan rakennusliikkeen prosesseja ja vastuukysymyksiä. Näin toimittaessa sekä rakennusurakoitsijat, rakennuttajat että viranomaiset voivat olla varmoja palonsuojauksen vaatimustenmukaisuudesta. [29.]

NORFLAM-palonsuojajärjestelmä on ekologinen ratkaisu sisätilojen puupintojen ammattimaiseen palonsuojaukseen. Se tarjoaa Euroluokan B-s1, d0 mukaisen paloteknisen suorituskyvyn useille puulajeille ja tuotteille. NORFLAM-palonsuojajärjestelmä koostuu pohjusteesta ja pintakäsittelyaineesta, joita tulee aina käyttää yhdessä. Tuote imeytyy puumateriaaliin ja tarjoaa erinomaisen palonsuojan ja kulutuskestävyyden. [29.]

EN 13501-1 -Standardin mukainen paloluokka B-s1, d0 saavutetaan, kun puun minimitiheys on 338 kg/m^3 ja puun paksuus yli 8 mm. NORFLAM-palonsuoja-aineen suorituskyky on dokumentoitu akkreditoitujen eurooppalaisten testauslaitosten luokitusraporteissa ja sertifikaateissa: Kiwa-sertifikaatit 13019-02 ja 12890-2 ja FCBA-luokitusraportti 21/RC-43. NORFLAM-palonsuoja-aine on testattu useilla eurooppalaisilla ja kansainvälisillä standardoiduilla testimenetelmillä: EN 11925-2:2010, EN 13823:2010, EN ISO 1182 ja CEN/TS 16516. Aine soveltuu käytettäväksi sisätiloissa sisäkattoihin ja -seiniin tarkoitetuissa sisäverhouslevyissä, kuten erilaiset vanerit ja muut puulevyt, jotka on valmistettu standardin EN 13986 mukaisesti puulajista riippumatta. Palonsuoja-aine kuuluu M1-päästöluokkaan ja on Indoor Air Comfort Gold® -testattu. Lisäksi palonsuoja-aine on

biopohjainen ja myrkytön tuote eikä siksi ole vahingollinen ihmisille, eläimille eikä ympäristölle. Palonsuoja-ainetta on saatavilla kirkkaana ja kuultaviin värisävyihin sävytettynä. [29.]

7.2 Burnblock-palonsuoja-aine

Palonsuojausta ekologisesti, uudella Burnblock-palonsuoja-aineella. Burnblock-palonsuoja on 100 % luonnollinen ja biohajoava palonsuoja-aine. Se sisältää ainoastaan elintarvikkeista tuttuja aineita, esimerkiksi ruokasuolaa eli se on täysin myrkytön. Burnblock-palonsuoja toimii kaikkien huokoisten eli imukykyisten materiaalien kanssa kuten sahattu ja höylätty puutavara, hirret ja erilaiset puu- ja puukuitulevyt. [30.]

Burnblock on testattu ja sertifioitu EU:n palostandardien mukaan. Sillä saadaan B-s1, d0- mukainen palonsuoja kaikille puumateriaaleille. Burnblock on vesiliukoinen ja PH-neutraali, eikä se syövytä maalauks-/palonsuojausvälineitä. Burnblock on myös kustannustehokas palonsuoja, yksi käsittelykerta riittää. Kestävä Burnblock-palonsuojaus puulle tehdään aina tehtaalla etukäteen autoklaavissa impregnoimalla eli painekammiossa kyllästäväällä, ennen työmaalle toimitusta. [30.]

Palotestit ja sertifikaatit ovat tutkineet ja tarkistaneet Tanskan Teknillinen Instituutti (Danish Technological Institute) sekä Ruotsin Tekninen tutkimus Instituutti, RISE. Muita tunnettuja Burnblockin yhteistyökumppaneita ovat mm. BRE Group, MPA Dresden GmbH, NBT Nordiskt Brandskyddat Trä ja InnoByg. [30.]

7.2.1 Burnblock-palonsuojauksen hyödyt

Burnblock-palonsuoja-aine imeytyy käsittelyssä puun solukoihin, jolloin Burnblock-palonsuojaus on kauttaaltaan puun sisässä. Tämän vuoksi rakennustyömaalla Burnblock-palonsuojattua puuta voi huoletta sahata, ruuvata, halkoa - eikä sitä tarvitse enää uudelleen käsitellä palonsuojausaineella. [30.]

Patentoitu Tanskalainen Burnblock on täysin ekologinen. Koska sen voi rinnastaa elintarvikkeeseen, jolloin se ei vaadi myöskään erillistä jätteenkäsittelyä. Tämä säästää ympäristön lisäksi kustannuksia. Burnblockin-palonsuojaus perustuu siihen, että se estää tehokkaasti hapen pääsyn käsittelyyn kohteeseen. Ilman happea, ei ole myöskään tulta. [30.]

7.2.2 Burnblock-palonsuojauksen haitat

Menetelmän haittana voidaan pitää Burnblock -autoklaavikäsittelyn jälkeistä pitkää kuivumisaikaa, koska puutavaran/CLT-elementtien tulee kuivua taapelissa/kuivaamossa 3–6 viikkoa. Kuivumisaika riippuu käsitellyn tuotteen puulajista sekä ao. tuotteen dimensioista, esim. 30 x 45 mm rima kuivuu huomattavasti nopeammin puinen hirsi tai CLT-elementti. Pitkä kuivumisaika on syytä ottaa huomioon työmaata suunniteltaessa. Toinen haittapuoli on mielestäni CLT-elementtien iso koko esim. CrossLamin CLT-elementin maksimikoko 3,2x12 m ja paksuus vaihtelee 60–300 mm. Tällaisten isojen elementtien palonsuojaukseen pitäisi olla todella iso autoklaavi, on ehkä vaikeaa toteuttaa. Ehkä tämän vuoksi menetelmää käytetäänkin pääasiassa sahatavaralle ja höylätyille puutuotteille, kuten ulkoverhous- ja sisäverhouspaneelille. [30.]

7.3 Fontefire-palonsuoja-aineet

Fontefire WF on vesiohenteinen palonsuojamaali puupinnoille parhailla mahdollisilla palonsuojausominaisuuksilla. Palotilanteessa Fontefire WF muodostaa paloa eristävän kerroksen puupinnalle. Fontefire WF palonsuojamaalia voidaan käyttää sisä- ja ulkoverhouspaneelien käsittelyyn osana palonsuojamaalausjärjestelmiä. [31.]

Fontefire WF Clear on vesiohenteinen palosuoja lakka puupinnoille parhailla mahdollisilla palonsuojausominaisuuksilla. Palotilanteessa Fontefire WF Clear muodostaa paloa eristävän kerroksen puupinnalle. Fontefire WF Clear korostaa vaaleiden puulajien kauneutta. Läpikuultavan valkoinen värisävy myötäilee puunsyitä. Fontefire WF Clear soveltuu käytettäväksi erilaisilla pinnoituslinjoilla, sillä se kuivuu sekä uunissa että huoneenlämpötilassa. Käsiteltyjä puutuotteita voidaan käyttää vain kuivissa sisätiloissa. Fontefire WF Clear on listattu Pohjoismaisen Ympäristömerkinnän rakennustuotetietokantaan ja sitä voidaan käyttää Joutsenmerkityissä rakennuksissa. Nämä molemmat tuotteet Fontefire WF palonsuojamaali ja Fontefire WF Clear palosuoja lakka täyttävät B-s1, d0 -luokan vaatimukset EU:n palostandardien mukaan. Luokka on puumateriaalille korkein mahdollinen. [31.]

7.4 HR-Prof-palonsuoja-aine

HR-Prof-palonsuoja-aine on tarkoitettu puun yleiseksi palonsuojaksi puutarvikkeiden sisä- ja ulkokäyttöön. HR-Prof on saanut korkeimman mahdollisen luokituksen puulle, B-s1, d0, EU:n hyväksymässä SBI-palonsuojatestissä (= yksittäisen palavan esineen) männylle, kuuselle ja koivulle.

HR-Prof on levitettäessä väritön neste, joka tukahduttaa ja estää palon syttymistä ja palamista. Aine on palo- ja räjähdysturvallinen, täysin vesiliukoinen, syväälle materiaaleihin imeytyvä neste. Aine soveltuu käytettäväksi puun, sahatavaran, puurakenteiden, kuten lautojen, palkkien, välikattojen, vuorausseinien, kattorakenteiden, säleikköjen, listojen sekä muun sahatun ja höylätyn rakennusmateriaalin ja hirsirakenteiden palonsuojaksi. Se myös antaa puulle suojan UV-säteilyä vastaan. Aine on biologisesti hajoava, luontoystävällinen tuote, joka ei sisällä myrkyllisiä kemikaa- leja. Aine ei sovellu hyvin isojen CLT-elementtien palonsuojaukseen. [32.]

7.5 Fire Safe -palonsuoja-aineet

Fire Safe -palonsuojakylläste on tarkoitettu huokoisten materiaalien, kuten puun ja puukuitulevyjen ennaltaehkäisevään palonsuojaukseen sekä sisä- ja ulkotiloissa. FIRE SAFE on nestettä, joka fysikaalisilta ominaisuuksiltaan muistuttaa vettä. Se on myrkytön, hajuton ja väritön happamalle haiseva neste. Se on vaaraton kasveille ja eläimille. Nestemäisenä se on veteen liukeneva, mutta kuivuttuaan huonosti liukeneva. Se suojaa puupintoja myös lahoamiselta hyvien lahonsuojau- ominaisuuksiensa ansiosta ja sen imeytymiskyky puuhun on parempi kuin varsinaisilla laho- suoja-aineilla. Kokeissa on todettu, että aineen maku ei miellytä jyrksijöitä. [32.]

Kaikki Fire Safe -palonsuojakyllästeellä käsitellyt huokoiset materiaalit ovat erittäin vaikeasti syt- tyviä ja se hidastaa jo alkaneen palon ryöstäytymistä hallitsemattomaksi roihuksi ja näin ollen mahdollistaa pelastautumisen palavasta rakennuksesta. Käyttökohteita ovat lastu- ja puukuitule- vytyt, ovet, puulattiat, paneelit, hirsirakenteet, kattotuolit, puiset sisäkatot, paanu- ja pärekatot. Käsiteltävän materiaalin mukaan käsittely voidaan tehdä ruiskuttamalla, painesumuttamalla, upottamalla, sivelemällä tai kastelemalla. Käsitellyn materiaalin pinnassa aine alkaa kiehua 110 celsiusasteen lämpötilassa ja reagoi palavan materiaalin kuumentuessa syntyvien kaasujen kanssa kehittämällä typpeä ja hiilidioksidia, mikä estää palamisen. Puun huokosiin ja kuituihin tart- tunut suoja-aine kuplii ja muodostaa lämpöä eristävän ja kaasujen kulkua estävän alueen, joka myös vastustaa syttymistä. Sisätiloissa aineen vaikutus on pysyvä. Ulkotiloissa aineen vaikutus on

riippuvainen olosuhteista ja materiaalin pintakäsittelystä. USA:ssa suoritetun laboratoriotutkimuksen mukaan Fire Safe -palonsuojakyllästeen teho säilyy puupinnalla viisi vuotta olosuhteissa, joissa sataa 1000 mm vettä vuodessa. Aine ei sovellu hyvin isojen CLT-elementtien palonsuojaukseen. [33.]

7.6 Teknoksen palonsuoja-aineet

Teknoksen palosuojapinnoitteet ovat kuumuuden vaikutuksesta moninkertaiseksi turpoavia ja muodostavat puun pinnalle suojaavan hiilivahtokerroksen, mikä osittain eristää alla olevan puupinnan tulen vaikutukselta. Ne ovat vesiohenteisia ja soveltuvat kaikkien puupohjaisten materiaalien päälle, ja ne voidaan levittää normaaleilla teollisilla levitysmenetelmillä. Palosuojamaalausjärjestelmämme takaavat rakennuksen ulko- ja sisäpinnoille rakennusmääräysten ja korkeiden ulkonäkövaatimusten mukaisen paloturvallisuutta lisäävän pintakäsittelyn. Palosuojatun puupinnan etuna suojaamattomaan on huomattavasti hitaampi syttymisaika, matalampi savunmuodotus ja palavien pisaroiden puuttuminen. Koska palosuojattu puu hidastaa palon etenemistä, se antaa ihmisille enemmän aikaa poistua palavasta rakennuksesta. [34.]

TEKNOS FR FACADE on palosuojamaalausjärjestelmä sekä ulko- että sisäpinnoille seiniin ja kattoon. Se soveltuu esimerkiksi ulko- ja sisäverhouspaneelleille. Järjestelmään kuuluu pohja- ja pintamaali, joka on sävytettävissä peittäviin sävyihin. [34.]

TEKNOS FR PANEL on palosuojalakkausjärjestelmä kuivien sisätilojen puupohjaisille materiaaleille, kuten sisäpaneelleille ja listoille seiniin ja kattoon. Järjestelmän tuotteet ovat sävytettävissä kuultaviin sävyihin. [34.]

Yleisesti voidaan todeta, että kaikki nämä Teknoksen palonsuoja-aineet eivät sovellu hyvin isojen CLT-elementtien palonsuojaukseen. Nämä aineet ovat enempi tarkoitettu pääasiassa sahatavalle, hirsille ja höylätyille puutuotteille, kuten listoille, ulko- ja sisäverhouspaneelleille.

8 CrossLam Oy: n käytössä olevat palonsuoja-aineet ja palonsuojaustavat

CrossLamin valmistamille CLT-elementeille käytetään tällä hetkellä kahden eri valmistajan palonsuoja-ainetta. Suomalaisen Vantaalla sijaitsevan yrityksen Nordtreat Oy:n valmistamaa NT DECO -palonsuoja-ainetta. Tällä aineella palonsuojaus voidaan tehdä valmiille CLT-elementille joko CrossLamin tehtaalla tai työmaaolosuhteissa. Toinen vasta vuoden 2023 lopussa käyttöön otettu palonsuoja-aine on tanskalaisen yrityksen Burnblockin valmistama Burnblock-palonsuoja-aine. Tämä palonsuojaus tehdään CLT-elementteihin käytettäville laudoille ja lankuille Nordic Timber Labs Oy:n tuotantolaitoksessa Lahdessa.

8.1 Nordtreat NT DECO -palonsuoja-aine

CrossLam Oy:n valmistamille CLT-elementeille on jo aiemmin käytetty ja käytetään edelleen palonsuojaukseen Nordtreat NT DECO -palonsuoja-ainetta. Aiemmin palonsuojausta edellyttävät CLT-elementtien pinnat palonsuoja käsiteltiin vasta tilaelementtien valmistajan omissa tiloissa tilaelementtitehtaalla. Käsittely tehtiin tasopöydillä tuotantolinjastosta erotetussa työpisteessä yhtiön laatujärjestelmän mukaisesti. Näin palonsuoja-aineen riittävät levitysmäärät ja kuivumisajat voitiin toteuttaa valmistajan Nordtreatin tarkkojen ohjeiden mukaisesti ja palonsuojakäsittely dokumentoitiin tarkasti ennen tilaelementtien kokoamista. Kun CLT-elementtien pinnat käsitellään tällä aineella, niin päästään rakennustarvikeluokkaan B-s1, d0, mikä on korkein mahdollinen rakennustarvikeluokka puumateriaalille.

Nykyisin CrossLam Oy:n omassa vuonna 2022 valmistuneessa tuotantohallissa, jossa tällainen NT DECO -palonsuojakäsittely omille elementeille pystytään toteuttamaan. On alettu tekemään NT DECO -palonsuoja-aineella valmiiksi palonsuojattuja CLT-elementtejä kohteisiin, joissa palonsuojaus vaaditaan, eikä palonsuojausta pystytä järkevästi toteuttamaan työmaalla työmaaolosuhteissa.

Toinen tapa toteuttaa NT DECO -palonsuojaus on työmaalla tehtävä palonsuojaus valmiille CLT-elementeille ja myös tämä palonsuojaustapa on käytössä CrossLam Oy:ssä. Valmiit CLT-elementit toimitetaan työmaalle palonsuojaamattomana ja sitten CLT-elementeille tehdään palonsuojaus onnistuneesti työmaalla palonsuoja-aineen valmistajan Nordtreatin antamien tarkkojen ohjeiden mukaisesti. Tästä palonsuojauksesta tehdään tarkka dokumentaatio palonsuojauksen yhteydessä, jolloin se on helppo todentaa myöhemmin oikein tehdyksi.

8.2 Burnblock-palonsuoja-aine ja uusi yhteistyökumppani palonsuojauksessa

Vuonna 2022 perustettu ruotsalainen Nordic Timber Labs on kolmen alle 30-vuotiaan ruotsalaisen asiantuntijan perustama ja operoima start up -yritys. Yritys tekee puusta painekyllästämisen avulla palosuojattua ja on perustanut ensimmäisen puunkäsittelylaitoksensa Lahteen, tarkemmin sanottuna Nastolaan. He ovat kehittäneet oman patentoidun käsittelyratkaisun puun palo-ominaisuuksien parantamiseksi palonsuojaamalla puumateriaali Burnblock-palonsuoja-aineella. Tällainen alipaine- ja painetuotantotekniikan yhdistämisellä palonsuojausta tekevä yritys on laatuun ensimmäinen Suomessa. Tällä palonsuojakäsittelyllä saavutetaan puumateriaalille korkein mahdollinen palonkestoluokka B-s1, d0. [35.]

Lahtea ei kuitenkaan ole valittu Nordic Timber Labs yrityksen tulevaksi pääpaikaksi sattumalta, vaan yrityksen johtohenkilöt tekivät huolellisen markkinakartoituksen ja totesivat Lahden olevan koko Pohjoismaiden paras sijoittamispaikka heidän yritykselleen. Lahden seudulla on toiminnassa useita erittäin hyvin johdettuja ja perinteikkäitä puuteollisuusyrityksiä sekä sahoja, jotka ovat heidän yrityksellensä potentiaalisia asiakkaita. Lisäksi Lahden valintaan yrityksen sijoituspaikkakunnaksi vaikutti se, että Lahti oli valittu Euroopan ympäristöpääkaupungiksi vuonna 2021. [35.]

He ovat todenneet olevansa Lego-pelaaja ja siksi he eivät halua kilpailla omilla puutuotteilla muiden puutavaran valmistajien kanssa. Heidän päätavoitteenansa on halu tarjota muille puutuotteiden valmistajille valmis kyllästysratkaisun täydellisellä dokumentaatiolla ja vastata nykyisten paloluokkien vaatimuksiin, jotka vielä kehittyvät jatkuvasti lakien, määräysten ja markkinoiden kysynnän mukaan. [36.]

Tällainen palonsuojaus on helpoin tehdä laudoille ja lankuille ennen kuin niistä tehdään CLT-elementtejä. Nordic Timber Labs yrityksen CrossLam Oy on valinnut kumppanikseen tekemään puuraaka-aineelle palonsuojauksen CLT-elementteihin tuleviin lautoihin ja lankkuihin niissä kohteissa, jossa CLT-elementit pitää saada valmiiksi palosuojattuna. CrossLam Oy ostaa heiltä palosuojattuihin CLT-elementteihin tarvittavan määrän lauttaa ja lankkua valmiiksi palosuojattuna Burnblock-palonsuoja-aineella. Tällä tavoin toimimalla saadaan tehtaalla valmistettua valmiiksi palosuojatut CLT-elementit, jotka sitten toimitetaan työmaalle asennettavaksi paikoilleen. Näissä CLT-elementeissä on kaikki lamellit/kerrokset tehty Burnblock-palonsuojakäsittelystä puusta. Tällainen palonsuoja käsittely takaa sen, että puuaines on palonsuojattu kokonaan ja siten esimerkiksi mitään ovi- ja ikkuna-aukkojen reunoja ei tarvitse CNC-työstöjen jälkeen käsitellä palonsuoja-aineella uudelleen.

9 Palomääräysten vertailu

Palomääräyksissä varsinkin matalien puukerrostalojen osalta eri Euroopan maiden välillä on paljon samankaltaisuuksia, mutta mitä korkeampiin puukerrostaloihin mennään niin eroavaisuudet palomääräysten osalta eri maiden välillä lisääntyvät merkittävästi.

9.1 Samankaltaisia määräyksiä

Kaksikerroksisissa puukerrostaloissa tai -rivitaloissa puun käyttö rakennusmateriaalina ei aiheuta erityisvaatimuksia palomääräyksissä, kunhan puurakenteen palonkestovaatimukset vaaditun palonkestoajan R 30 tai R 60 osalta täyttyvät. Näissä matalissa puurakennuksissa ei myöskään vaadita automaattista sammutusjärjestelmää eli sprinklereitä.

Tästä kun aletaan rakentaa 3-kerroksisia ja sitä korkeampia puukerrostaloja, niin rakennusten palomääräyksissä samankaltaisuudet vähenevät ja eroavaisuudet eri Euroopan maiden välillä puukerrostalojen rakentamisen osalta alkavat lisääntyä merkittävästi. Eroavaisuudet muodostavat lopulta suuria ja merkittäviäkin eroja rakennuskustannuksienkin osalta.

Maissa, joissa puuta saadaan käyttää ulkoverhousmateriaalina 2 kerrosta korkeammissakin kerrostaloissa, niin ulkoseinissä pitää olla palokatkot 2 kerroksen välein. Näiden palokatkojen pitäisi olla rakenteeltaan sellaisia, että tulipalo ei saisi levitä 2 kerrosta suuremmalle alalle ulkoseinillä.

9.2 Eroavaisuuksia palomääräyksissä

Palomääräyksissä eri Euroopan maiden välillä on yllättävän suuriakin eroavaisuuksia etenkin: automaattisten sammutusjärjestelmien pakollisuuden kohdalla, puupinnan myös CLT-elementtien puupinnan näkyviin jättämisessä sisä- ja ulkoseinissä. Lisäksi myös hiiltymisen antaman suojakerroksen, mikä on helposti laskukaavojen avulla laskettava arvo, niin sen tulkinnassa on isoja eroavaisuuksia eri maiden välillä.

9.2.1 Pakolliset automaattiset sammutusjärjestelmät eli sprinklerit

Tiukimmat määräykset automaattisten sammutusjärjestelmien eli sprinklereiden pakollisuudesta on Norjassa ja Ruotsissa, jossa ne vaaditaan kaikkiin yli 2-kerroksisiin kerrostaloihin niiden rakennusmateriaalista riippumatta. Suomessa ne ovat pakollisia ja ne vaaditaan kaikkiin yli 2-kerroksisiin puukerrostaloihin. Englannissa automaattiset sammutusjärjestelmät eli sprinklerit ovat pakollisia kaikissa kerrostaloissa rakennusmateriaalista riippumatta, joiden korkeus ylittää 11 m merenpinnasta. Itävallassa automaattiset sammutusjärjestelmät eli sprinklerit tulevat pakolliseksi yli 5-kerroksisissa puukerrostaloissa. Täydellisenä vastakohtana näihin maihin Sveitsissä automaattiset sammutusjärjestelmät eli sprinklerit ovat pakollisia vasta yli 30 m korkeissa puukerrostaloissa. Saksassa taas vaaditaan, että korkeiden kerrostalojen, joiden korkeus on yli 13 m rakenteisiin integroidaan palonsuojausta varten palonsammutuslaitteita, kuten vesihuolto- ja palontorjunta hissejä.

9.2.2 Puupinnan näkyviin jättäminen rakennusten sisäpinoissa

Suuria eroja on myös CLT-elementtien puupinnan näkyviin jättämisessä asuntojen sisäseinissä ja -katoissa. Saksassa ja Suomessa CLT-elementtien puiset sisäpinnat tulee suojaverhota yli 2-kerroksisissa puukerrostaloissa ainakin osittain. Ruotsissa, Sveitsissä ja Englannissa (Isossa Britanniassa) saa CLT-elementtien puista sisäpinta jäädä ja sitä jätetään näkyviin reilusti. Norjassa sitä jopa suositellaan sekä suunnittelijoiden toimesta, että puuteollisuuskin pitää kyseisestä periaatteesta hyvänä puupinnan esteettisyyden ja puumateriaalin terveysvaikutuksien ansiosta.

9.2.3 Palavan rakennusmateriaalin käyttö ulkoseinissä

Yksi ehkä suurin ero palomääräyksissä eri maiden välillä on vielä palavan rakennusmateriaalin käyttö ulkoseinien ulkoverhouksessa, joihin puukin rakennusmateriaalina luokitellaan. Ruotsissa palavaa materiaalia ei saa käyttää ollenkaan ulkoseinien verhouksessa yli 2-kerroksisissa rakennuksissa niiden rakennusmateriaalista riippumatta. Palavaa rakennusmateriaalia ei saa käyttää ulkoverhouksessa yli 18 m korkeissa asuinkerrostaloissa Englannissa. Saksassa kyseinen raja-arvo on yli 22 m korkeus ja Sveitsissä raja-arvo on yli 30 m korkeus.

9.2.4 Hiiltymisen antaman suojan huomioiminen

Palomääräyksien eroja selittää myös eri maiden erilaiset tulkinnat puupinnan palamisen seurauksena muodostuvan hiiltymisen antaman suojavaikutuksen tulkinnasta. Vaikka on tehty monia palokokeita eri maissa, lopputulokset osoittavat hiiltymisen antaman suojavaikutuksen olevan kaikissa palokokeissa samalla tasolla. Silti tehtyjen palokokeiden tuloksia tulkitaan eri maissa eri tavalla ja vaaditaan erilaisia suojaverhouksia esimerkiksi kipsilevyllä tai palonsuoja-aineiden käyttöä puukerrostaloissa puisien pintojen suojaukseen tulipaloa vastaan.

10 Yhteenveto CLT-elementtirakentamisen palomääräyksistä ja palonkestosta

CLT- elementti rakennetta voidaan palomääräyksissä verrata massiivipuुरakenteeseen, sillä mikäli ei tapahdu delaminoitumista rakenne käyttäytyy kuten massiivipuu. CLT-elementti rakennetta voidaan pitää itsessään hyvin paloturvallisena, sillä se syttyy huonosti, koska sen kosteusprosentti on noin 12 ja syttyttyään CLT-elementti palaa hitaasti hiiltymällä. CLT-elementin palonkesto on erittäin hyvä, koska hitaasti hiiltymällä palaessaan CLT-elementti ei menetä kantavuuttaan äkillisesti. Se antaa palotilanteessa ihmisille aikaa pelastautua palavasta rakennuksesta muita materiaaleja enemmän.

10.1 Aiemmin tapahtuneet parannukset

Yleisesti puu- ja massiivipuुरakenteiden, kuten CLT-elementtien suosiota rakennusmateriaalina on lisännyt ympäristöasioiden huomioon ottaminen rakentamisessa eli halutaan pienentää rakentamisen hiilijalanjälkeä. Uudisrakentamisessa otetaan huomioon puun alhainen hiilijalanjälki ja sen kyky sitoa hiilidioksidia ilmasta koko rakennuksen elinkaaren ajan. Toteutuneet muutokset palomääräyksissä eri maissa, joissa massapuुरakenteiden kuten CLT-levyn palonkestävyys on otettu paremmin huomioon on selvästi lisänneet CLT-elementtirakentamista useissa maissa. Näiden lisäksi monissa Euroopan maissa puurakentamista ympäristöystävällisenä vaihtoehtona tuetaan erilaisilla avustuksilla valtioiden taholta.

Eurokoodit ovat voimaantulonsa jälkeen (2010) yhtenäistäneet rakentamista Euroopan alueella, koska säädökset ovat eri maissa samat. Eurokoodien perusteella arkkitehdit ja suunnittelijat tietävät, missä rakenteissa säädösten mukaan voi puuta käyttää ja miten esim. palosuojaus toteutetaan. Tässä vanhassa Eurokoodistossa ei vielä ole erillistä virallista ohjetta CLT-levyn tai CLT-elementtirakenteen palonkestävyyden määrittämiselle. Kun paikallinen rakennustarkastus tai paloviranomainen on tehnyt suunnitteluratkaisut hyväksyneet, voidaan ne toteuttaa.

10.2 Tulevaisuuden haasteita ja tavoitteita

Puukerrostalorakentamisessa on palomääräysten osalta vielä paljon kehitettävää. Tuntuu liioitellulta, että rakennuksen sisällä näkyvissä olevat puiset liimapalkit, pilarit ja CLT-elementit pitää palosuojauksen vuoksi peittää kipsilevyillä ja lisäksi rakentaa pakollinen automaattinen sammutusjärjestelmä eli sprinklerointi. Sprinklerointi on hyvä ratkaisu ja on henkilöturvallisuuden kannalta tärkeä, koska tulipaloissahan kuolemaan johtavat yleensä savukaasut, eikä varsinainen tulipalo tai rakennuksen romahtaminen. Sprinklerijärjestelmä pelastaa ihmishenkiä, sillä se sammuttaa alkavan palon nopeasti tai antaa asukkailla aikaa reagoida tulipaloon jo sen alkuvaiheessa. Sprinklerointi voisi olla samalla tavalla pakollista kaikissa korkeammassa kerrostaloissa rakennusmateriaalista riippumatta juuri henkilöturvallisuuden vuoksi.

Yksi merkittävä tavoite tulevaisuudessa on CLT-elementtien palokestävyyden hyväksyttävyyden parantaminen palomääräyksiä muokkaamalla samanlaisiksi esimerkiksi eri Euroopan maiden välille. Lisäksi pitäisi kehittää valmiita rakenteellisia vakioratkaisuja ja pystyä osoittamaan ne toimiviksi palotilanteissa erilaisten palotestien avulla. Tällaisten vakioratkaisujen myötä palosäädöksiä voitaisiin muuttaa paremmin puun ja varsinkin CLT-elementtien palonkesto-ominaisuuksia huomioon ottaviksi. Mikäli tällaiset valmiit vakioratkaisut osoitetaan palotestien avulla luotettavaksi yhdessä tai jopa kahdessa maassa, pitäisi niitä voida yhtenäisten palomääräysten perusteella käyttää muissakin maissa ilman erillistä erilaisten palomääräysten viidakkoa.

Toinen tavoite tai lisää tutkimista vaativa asia on CLT-elementeissä käytettävien liimojen kehittäminen, niin että palotilanteessa ei tapahtuisi delaminoitumista lamellikerrosten välisessä liimakerroksessa. Lisä tutkimukset voisivat olla tarpeen myös palosuojattujen lamellikerrosten välisessä liimapinnassa. Tarttuuko liima yhtä hyvin palonsuojattuun puupintaan kuin palonsuojaamattomaan puupintaan, eli aiheuttaako tämä mahdollisen riskirakenteen CLT-elementissä?

10.3 Eurokoodit

Kaikki Eurokoodit ovat parhaillaan uudistettavana. Uudet Eurokoodit tullaan julkaisemaan vuosien 2025...2027 välillä. Uudistuksen yhtenä tarkoituksena on ollut yksinkertaistaa Eurokoodeja. Myöhemmin muutosluonnoksia on tulossa mm. puurakenteiden palosuunnittelun Eurokoodiin (EN 1995-1-2). Tässä ryhmässä on Suomesta mukana Jouni Hakkarainen Eurofins Oy:ltä. Puurakenteiden liitossuunnittelu-kappale tulee vasta ensimmäiselle lausuntokierrokselle, mutta nämä luonnokset ja lausunnot ovat vasta ensimmäisiä luonnosversioita liitossuunnitteluun liittyen. Liitossuunnittelu-kappaleen sisältö on palosuunnitteluun verrattuna vasta alkuvaiheessa, joten niihin tulee todennäköisesti vielä paljon muutoksia lausuntokierroksen aikana.

Eurokoodien uudistamista viedään eteenpäin eri Euroopan maista olevien asiantuntijoiden toimesta ja Suomenkin seurantaryhmät ja asiantuntijat osallistuvat aktiivisesti uudistuksen valmisteluun. Myös kansallisten liitteiden valmistelu on jo aloitettu. Uusien Eurokoodien valmistuttua niissä on mukana CLT-elementtien valmistukselle yhtenäiset harmoniset tuotestandardit ja suunnitteluohjeet Euroopan alueelle. Uudet Eurokoodit ja kansalliset liitteet sisältäisivät myös viralliset ohjeet CLT-rakenteen palonkestävyyden määrittämiselle. Samassa yhteydessä niihin pitäisi liittää vielä uudet yhtenäiset palomääräykset CLT-elementtirakentamiseen. Näiden muutosten takia uskon myös Suomen palomääräysten hieman löystyvän ja sitä kautta edistävän CLT-elementtirunkoisten yhä korkeampien puukerrostalojen rakentamista. Tämä helpottaisi ja auttaisi CrossLam Oy:tä saamaan lisää puukerrostaloja rakennuskohteiksi, joissa käytettäisiin CLT-elementtejä runkorakenteena.

11 Johtopäätöksiä palomääräyksistä

Puuta rakennusmateriaalina koskevat rakennus- ja palomääräykset eri Euroopan valtioiden välillä näyttävät olevan varsin erilaiset, vaikka onhan niissä jotain samankaltaisuuksiakin. Niinpä niistä voisi helposti vetää johtopäätöksen tai tehdä tulkinnan, että erilaiset puupinnat syttyisivät ja palaisivat eri tavalla eri puolilla Eurooppaa. Voisiko tämä tulkinta pitää paikkansa?

Tutkittuani ja perehdyttyäni eri Euroopan maiden erilaisiin rakennus- ja palomääräyksiin tulee väkisellä mieleen ajatus, että puu palaisi eri tavalla eri maissa. Tämän väitteen perusteluna voisi käyttää Euroopan eri maiden erilaisia näkemyksiä ja määräyksiä puupinnan näkyville jättämisen osalta rakennusten ulko- ja sisäseinissä. Esimerkiksi CLT-puupintainen sisäseinä, mikä toisessa maassa voidaan palomääräysten perusteella jättää reilusti kokonaan näkyville, pitää toisessa maassa suojaverhota esimerkiksi kipsilevyllä, mikä sitten suojaa kyseistä puupintaa palamiselta tietyn ajan. Toisena perusteluna väitteelle voisi käyttää erilaisia tulkintoja automaattisten sammutusjärjestelmien eli sprinklereiden pakollisuudesta puukerrostaloissa. Osassa Euroopan maista automaattiset sammutusjärjestelmät eli sprinklerit ovat pakollisia jo yli 2-kerroksisissa puukerrostaloissa ja toisessa ääripäässä joissain maista vasta yli 30 m korkeissa puukerrostaloissa.

Loppujen lopuksi näin ei kuitenkaan ole, kyllä puu kaikesta huolimatta palaa ihan samalla tavalla kaikkialla Euroopassa ja myös muualla maailmassa. Eri maissa kuitenkin tulkitaan ihan eri tavalla tehtyjen palotestien ja palokokeiden tuloksia. Eri maissa tehtyjen palotestien ja palokokeiden tulokset ovat aika identtisiä eli päädytään samoihin tuloksiin puupinnan hiiltymisen antaman suojan vaikutuksesta puun palamiseen. Massiivipuupinnan hiiltymisnopeus on vakio, mikäli hiiltymiskerros pysyy paikoillaan eikä lähde irtomaan alemmista kerroksista. Eri maissa ja niiden palomääräyksissä kuitenkin otetaan eri tavalla huomioon ja tulkitaan eri tavalla tai ei luoteta CLT-puupinnan hiiltymisen antamaan palolta suojaavaan vaikutukseen samalla tavoin kuin massiivipuun osalta.

Syynä tähän voi olla, että eri valmistajien CLT-elementtien valmistuksessa käyttämien liimojen palonkestossa on eri maissa Euroopassa ja muualla maailmassa tehtyjen palokokeiden perusteella todettu olevan eroavaisuuksia. Käytettäessä ympäristöystävällisempää PUR-liimaa on liimapinnassa tapahtunut delaminoitumista enemmän kuin MUF-liimoja käytettäessä.

Lähteet

1. Puuinfo. [Internet]. Saatavilla: <https://puuinfo.fi/puutieto/puun-sisailmavaikutukset/>
2. Puuinfo. [internet]. Saatavilla: <https://puuinfo.fi/suunnittelu/maaraykset/paloturvallisuus/>
3. A 848/2017. Paloturvallisuusasetus. 2017. Saatavilla <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170848>
4. Puuinfo. Paloturvallinen puutalo Asuin- ja toimitilarakentaminen 2021. [Internet]. Saatavilla: https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2021/05/Palokirja_netsti_kokonainen.pdf
5. A 927/2020. Paloturvallisuus asetusmuutos. 2020. Saatavilla: <https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2020/20200927>
6. Korkeapainevesisumusuutin. [Internet]. Saatavilla: https://www.railway-technology.com/wp-content/uploads/sites/13/2017/10/CMYK_DARK_2.jpg
7. Korkeapainevesisumusuutin toiminnassa [Internet]. Saatavilla: https://www.railway-technology.com/wp-content/uploads/sites/13/2017/10/ACTIVE_CMYK_3.jpg
8. CLT- ja massiivipuurakennusten paloturvallisuus. [Internet]. Saatavilla: <https://www.constructionexec.com/article/fire-safety-of-clt-and-mass-timber-buildings>
9. CLT-levyn eli ristiinliimatun puulevyn palonkestävyys. [internet]. Saatavilla: <https://www.constructionexec.com/article/fire-safety-of-clt-and-mass-timber-buildings>
10. Puu-lehti lokakuu 2019, puurakentamisen hyvät käytännöt Kanadassa
11. Rakennustuoteasetus. [Internet]. Saatavilla: <https://ym.fi/rakennustuotteet>
12. Eurooppalainen palostandardi
13. Puu-lehti huhtikuu 2017, puurakentamisen hyvät käytännöt Euroopassa
14. Saksan palomääräyksiä. [Internet]. Saatavilla: (PDF) Evakuoinnin ja elämän turvallisuuden arviointi Saksassa (researchgate.net)
15. Itävallan palomääräyksiä. [Internet: (PDF) Evakuoinnin ja elämän turvallisuuden arviointi Saksassa (researchgate.net) [viitattu 25.3.2022]
16. Kansalliset säädökset maittain. [Internet]. Saatavilla: <https://cfpa-e.eu/national-regulations/>

17. EU: n palomääräysten sääntely. [Internet]. Saatavilla: Miten EU sääntelee paloturvallisuutta | RIBAJ
18. Schüdde Y. Sveitsin palomääräyksiä. [AMK-opinnäytetyö] Hämeen ammattikorkeakoulu 2019; Saatavilla: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/169194/Sch%C3%BCdde_Yannick.pdf?sequence=2&isAllowed=y
19. Ranskan palomääräyksiä. [Internet]. Saatavilla: <https://www.letsbuild.com/blog/complete-guide-frances-fire-legislation>
20. Englannin palomääräyksiä. [Internet]. Saatavilla : https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/937931/ADB_Vol1_Dwellings_2019_edition_inc_2020_amendments.pdf
21. Ruotsin palomääräyksiä. [Internet]. Saatavilla: https://www.boverket.se/contentassets/a9a584aa0e564c8998d079d752f6b76d/konsoliderad_bbr_2011-6.pdf
22. Norjan palomääräyksiä. [Internet]. Saatavilla: (PDF) Palomääräysten rakentaminen osana kansallista turvallisuutta Korostetaan kriittisiä toimituksia teollisuudelle ja kuluttajille (researchgate.net)
23. Puuinfo. [Internet]. Saatavilla: https://frantic.s3.amazonaws.com/smy/2016/09/PMA41_Mikko-Viljakainen.pdf
24. CrossLam Oy:n käyttämät liimat. [Internet]. Saatavilla: <https://crosslam.fi/crosslam-clt/>
25. CLT FINLAND Oy:n käyttämät liimat. [Internet]. Saatavilla: <https://hoisko.fi/clt/clt-tuotanto-clt-tehdas/>
26. Iäs I. CLT-levyn palomitoitus pystyrakenteena [Diplomityö] Tampereen Yliopisto 2021; Saatavilla: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:tuni-202105185140>
27. Puu raaka-aineena kurssin marras-joulukuu 2021 kurssimateriaali opettajana Veera Kilpeläinen. [viitattu 26.1.2022]
28. Puupintojen palonsuojaustavat, -menetelmät ja palonsuoja-aineiden luokitus. [Internet]. <https://www.coatings.fi/palonsuojamaali-puulle/> [viitattu 24.2.2022]
29. Nordtreat palonsuoja-aineet. [Internet]. Saatavilla: <https://www.nordtreat.com/fi/palonsuoja-aineet/nt-deco>
30. Burnblock palonsuoja-aineet. [Internet]. Saatavilla: <https://puuinfo.fi/tuotteet/paloturvallisuustuotteet/burnblock-palonsuoja-aine/>
31. Fontefire-palonsuoja-aineet. [Internet]. <https://puuinfo.fi/tuotteet/paloturvallisuustuotteet/fontefire-wf-palonsuoja-puulle-paloluokka-b-s1-d0/> [viitattu 17.3.2022]
32. HR-Prof-palansuoja-aineet. [Internet]. Saatavilla: <http://hrprof.eu/tuotteet/>

33. Fire Safe-palonsuoja-aineet. [Internet]. Saatavilla: http://www.palonsuojaus.com/fire_safe.htm
34. Teknosken palonsuoja-aineet. [Internet]. Saatavilla: <https://www.teknos.com/fi-FI/teollisuus/erikoispinnoitteet/palonsuojaus--ja-kuumankestavat-tuotteet/puun-palonsuoja-maalaus/>
35. LahtiBusinessRegion. [Internet]. Saatavilla: <https://lahtibusinessregion.fi/yritystariinat/nordic-timber-labs-tuotantolaitos-lahteen>
36. Nordic Timber Labs palonsuojaustuotantolaitos. [Internet]. Saatavilla: <https://ntl.se/fi/meista/>

Kansikuvan lähde

37. Keski-Suomen Betonirakenne Oy. [internet]. Saatavilla: <https://www.sttinfo.fi/tiedote/69977654/suomen-ensimmainen-puujulkisivuinen-parkkitalo-valmistuu-kuninkaantammeen?publisherId=11580673>

Kansikuvassa on Helsingin Kuninkaantammessa sijaitseva Suomen ensimmäinen puujulkisivuinen parkkihalli, minkä julkisivut on tehty CrossLam Oy:n valmistamista CLT-levyistä ja levyihin käytetty puutavara on palonsuojattu Burnblock palonsuoja-aineella. Julkisivujen levyt eivät ole kantavia rakenteita.