

# Puukerrostalon palotekniikka

Esko Mikkola ja Satu Holopainen



Karelia-ammattikorkeakoulun julkaisuja  
C, Raportteja: 46

# **Puukerrostalon palotekniikka**

Esko Mikkola ja Satu Holopainen

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU 2017

<i>Julkaisusarja</i>	C:46
<i>Julkaisusarjan vastaava toimittaja</i>	Kari Tiainen
<i>Tekijät</i>	Esko Mikkola ja Satu Holopainen, KK-Palokonsultti Oy
<i>Taitto</i>	Kaisa Varis
<i>Kansikuva</i>	Sari Kaija, Virran Varrelta Design Oy

© Tekijät ja Karelia-ammattikorkeakoulu

Tämän teoksen osittainenkin kopiointi on tekijänoikeuslain mukaisesti kielletty ilman nimenomaista lupaa.

ISBN 978-952-275-246-8 (verkkojulkaisu)  
ISSN-L 2323-6914  
ISSN 2323-6914

*Julkaisumyynti* Karelia-ammattikorkeakoulu  
julkaisut@karelia.fi  
<http://www.tahtijulkaisut.net>

Joensuu, 2017



Euroopan unioni  
Euroopan aluekehitysrahasto

Vipuvoimaa  
EU:lta  
2014–2020



Pohjois-Karjalan  
MAAKUNTALIITTO

JOENSUUN TIEDEPUISTO



JOSEK

Joensuun Seudun Kehittämissyhtiö JOSEK Oy

# Sisällys

<b>ESIPUHE</b>	<b>6</b>
<b>1 JOHDANTO</b>	<b>8</b>
1.1 PUUTUOTTEET TULIPALOSSA	8
1.2 PALOMÄÄRÄYKSISTÄ	10
1.3 JULKAISUN TAUSTA JA KOHDERYHMÄ	10
<b>2 PUUTUOTTEET JA -RAKENTEET SEKÄ SUOJAVERHOUKSET</b>	<b>12</b>
2.1 PALOTEKNINEN KÄYTTÄYTYMINEN	12
2.1.1 Paloluokitukset	12
2.1.2 Puumateriaalin syttyminen ja palaminen/lämmöntuotto	14
2.1.3 Puumateriaalin savuntuotto ja palavien pisaroiden muodostuminen	15
2.1.4 Puutuotteen paloluokitukseen vaikuttavia tekijöitä	16
2.1.5 Puun palosuojauksen mahdollisuudet	17
2.2 PALONKESTÄVYYS	20
2.2.1 Kantavien rakenteiden testaus	20
2.2.2 Osastoivien rakenteiden testaus	21
2.2.3 Hiiltymisnopeuteen perustuva mitoitus	22
2.3 SUOJAVERHOUKSET	26
<b>3 PUUKERROSTALON PALOTEKNINEN SUUNNITTELU (YLI 2 KERROSTA)</b>	<b>28</b>
3.1 PALOLUOKKIIN JA LUKUARVOIHIN PERUSTUVA SUUNNITTELU	28
3.1.1 Rakennuksen käyttötapa	28
3.1.2 Palokuormaryhmä	29
3.1.3 Rakennuksen paloluokka	29
3.1.4 Rakennuksen kokoa koskevia rajoituksia	29
3.1.5 Rakennuksen suurin sallittu henkilömäärä	30

3.1.6 Osastokokoa koskevat rajoitukset	31
3.1.7 Kantavien ja osastoivien rakenteiden vaatimukset	31
3.1.8 Sisäpuoliset pinnat ja niiden suojaverhoukset	32
3.1.9 Ulkoseinät ja niiden suojaverhoukset	34
3.1.10 Katteet	35
3.1.11 Palon leviämisen estäminen naapurirakennuksiin	35
3.1.12 Poistuminen palon sattuessa	36
3.1.13 Sammutus- ja pelastustehtävien järjestely	36
3.1.14 Palomääräysten tulevasta kehityksestä	37
3.2 OLETETTUUN PALONKEHITYKSEEN PERUSTUVA (TOIMINNALLINEN) SUUNNITTELU	37
3.2.1 Vaatimuksen täyttymisen osoittaminen ja raportointi	37
3.2.2 Hyväksymiskriteereistä	39
3.2.3 Riskiarviot, analyysit ja simuloinnit	40
3.2.4 Näkyvien puupintojen käyttö (sisällä ja julkisivuissa)	40
3.2.5 Kantavien puurakenteiden mitoituspaloista	40
3.2.6 Passiivisen ja aktiivisen suojauksen käyttö	40
3.3 SUUNNITTELUN ERITYISPIIRTEITÄ	41
3.3.1 Palon leviämisen rajoittaminen	41
3.3.2 Parvekkeet	43
3.3.3 Puun käyttö uloskäytävillä	43
3.3.4 Detaljiratkaisuista	43
3.3.5 Rakentamisen ja käytön aikana huomioitavaa	44

## **LÄHTEET** **46**

## **LIITTEET** **48**

Liite 1. Testaamatta luokiteltavat puutuotteet

Liite 2. Testaamatta luokiteltavat suojaverhoukset

Liite 3. Esimerkkejä puukerrostalorakenteista

Liite 4. Taustatietoja toiminnalliseen paloturvallisuustarkasteluun ja tuotekehitykseen

# Esipuhe

Pohjois-Karjalassa on tehty pitkäjänteistä työtä puurakentamisen kehittämiseksi maakunnan alueella. Viime vuosina panoksia on suunnattu erityisesti puukerrostalorakentamiseen ja siihen liittyvän rakennuttamis- ja suunnitteluosaamiseen. Toiminnan ansiosta maakunnan ensimmäisen puukerrostalo As Oy Joensuun Pihapetäjä valmistui keväällä 2017 ja lisää merkittäviä puurakennuskohteita on alkamassa kuten esimerkiksi maakunnan ensimmäinen CLT-levyrakenteinen päiväkotikoti Hukanhaudalle. Puurakentamisen edelläkävijöitä ollaan myös Penttilänrantaan rakennettavassa 14-kerroksisessa Joensuu Lighthouse puukerrostalossa, mikä tulee valmistuessaan olemaan maailman korkein kokonaan puurunkoinen kerrostalo.

Tulevaisuuden näkökulma puurakentamiselle Suomessa on, että se tulee osana biotaloutta olemaan avainasemassa suomalaisen metsäteollisuuden rakennemuutoksen tukemisessa sekä kasvun ja kansainvälisen kilpailukykyyn varmistamisessa. Erityisesti suuren mittakaavan teollinen puurakentaminen, kuten kerrostalorakentaminen, tulee lisääntymään huomattavasti lähitulevaisuudessa. Tavoitteena on, että lähivuosina joka kymmenes kerrostalo olisi puurakenteinen. Vuonna 2016 puukerrostalojen osuus oli noussut jo 5 prosentin tasolle ja yli kaksi-kerroksisia puukerrostaloja oli vuoteen 2016 mennessä rakennettu Suomeen yhteensä 52 kappaletta.

Karelia-ammattikorkeakoulu on sitoutunut puurakentamisen kehittämiseen Pohjois-Karjalan maakunnassa. Puurakentaminen on nostettu ammattikorkeakoulun ja Opetus- ja kulttuuriministeriön välisissä strategianeuvotteluissa yhdeksi merkittävimmistä kehittämisen kohteista. Myös maakunnan ja Joensuun seudun strategioissa puurakentamisella on vahva asema osana metsäbiotaloutta. Näistä lähtökohdista on hyvä jatkaa jo aloitettua työtä ja vahvistaa Pohjois-Karjalan imagoa metsiin, puuhun ja puurakentamiseen liittyvän osaamisen mallimaakuntana.

Lähtölaukaus Karelia-ammattikorkeakoulun suuren mittakaavan puurakentamiseen liittyvään osaamisen kehittämiseen oli Puurakentamisen osaamisen siirto -hankkeen käynnistyminen vuoden 2014 loppupuolella. Hankkeen käynnistämisen lähtökohtana oli tunnistettu suunnittelu ja rakennuttamisosaamisen puute. Puurakentamisen osaamisen siirto -hankkeen toiminnan edesauttamana alueelle on muodostumassa puurakentamisen klusteri, joka koostuu rakennuttajista, suunnittelijoista, rakennusliikkeistä, talotehtaista ja puutuoteosatoimittajista.

Arvoketjumalli eri toimijoiden välillä on kuitenkin vielä puutteellinen ja vasta muodostumasta. Tähän ydinongelmaan pyritään vastaamaan vuoden 2017 alusta alkaneella Teollisen rakentamisen ratkaisut – arvoketjumallista liiketoimintaa -hankkeella. Rakentamisen arvoketjumallilla tarkoitetaan toimintamallia, missä tuoteosatoimittajat, suunnittelijat ja rakennusliikkeet toimivat keskenään tiiviissä yhteistyössä tarjoten kokonaisratkaisuja markkinoille. Tavoitteena on synnyttää uusia tuote- ja palvelukonsepteja erityisesti teollisen rakentamisen ratkaisuksi. Lisäksi hanke tuottaa avointa ja puolueetonta tietoa suuren mittakaavan puurakentamisen kohteiden suunnitteluun, toteutukseen ja ylläpitoon liittyen.

Tämä julkaisu on tuotettu osana Puurakentamisen osaamisen siirto sekä Teollisen rakentamisen ratkaisut -hankkeita. Molemmista hankkeista on tullut vahvasti esille haasteet puukerrostalorakentamisen paloteknisessä suunnittelussa. Perinteisessä kerrostalorakentamisessa palotekninen suunnittelu on ollut suoraviivaisempaa johtuen yleensä palamattomista rakenteista, mutta puukerrostaloissa sama suunnittelu vaatii aivan uuden osa-alueen haltuun ottamista.

Tämä asiantuntijaselvitys on toteutettu Karelia-ammattikorkeakoulun ja KK-Palokonsultti Oy:n yhteistyönä. Julkaisun tavoitteena on auttaa lukijaa ymmärtämään puurakenteiden paloteknisiä ominaisuuksia sekä palosuojaukseen vaikuttavia määräyksiä ja siten välttämään tyypillisiä suunnittelu- ja rakennusvirheitä.

Joensuussa,

Ville Mertanen  
projektiasiantuntija  
Karelia-ammattikorkeakoulu

# 1 Johdanto

## 1.1 PUUTUOTTEET TULIPALOSSA

Tulipalossa puupintaan voi kohdistua säteilylämpöä, kuljettumalla siirtyvää lämpöä ja liekki voi olla suoraan kontaktissa puupinnan kanssa. Puupinnan lämpötilan saavutettua runsaan kolmensadan asteen lämpötilan syttyminen tapahtuu pienenkin liekin tai kipinän läsnä ollessa.

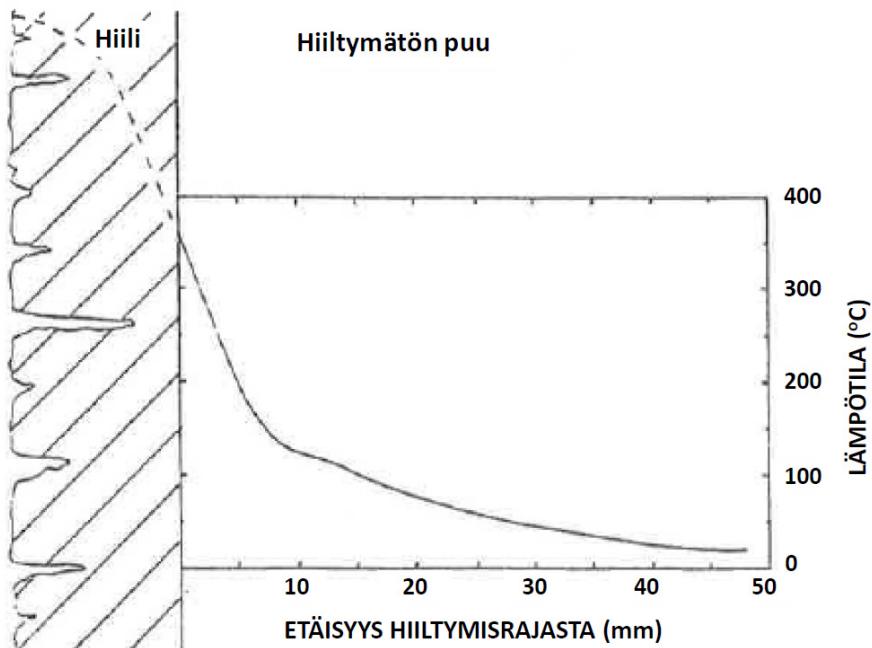
Pinnan syttyttyä alkaa hiilikerros kasvaa. Hiilikerros toimii eristeenä alla olevalle hiiltymättömälle puulle, joka ei enää altistu suoraan niin korkealle palorasitukselle kuin pinta ennen syttymistä. Jos palaminen jatkuu riittävän kauan (ja palava tuote on riittävän paksu) saavuttaa puun palamisen teho (ja samalla hiiltymisnopeus) likimain vakioarvon hiilikerroksen paksuuden pysyessä suunnilleen vakiona (Kuva 1). Hiilikerroksen alla olevan puun kantokyky säilyy, koska sen lujuusominaisuudet pysyvät ennallaan lähellä alkulämpötilaa olevassa kerroksessa (Kuva 2).

Puu siis palaa, mutta se sopii myös rakentamiseen, koska sen palaminen tunnetaan hyvin ja hiiltymisnopeuden avulla voidaan laskea mm. tarvittavat rakennepaksuudet kulloisenkin palonkestävyyksvaatimuksen mukaisesti.





**Kuva 1.** Puu hiiltyy pinnalta, mutta sisäosat säilyttävät kantokyvyn. Kuva kirjasta “Fire safety in timber buildings” [1].



**Kuva 2.** Lämpötilajakauma palavassa puurakenteessa [2].

Puun hiiltymisnopeus ns. standardipalorasituksen olosuhteissa vaihtelee yleensä välillä 0,5 - 1 mm/min riippuen puulajista ja puutuotteesta.

Puurakenteen hiiltymisen alkamista voidaan viivästyttää käyttämällä mm. kipsilevysuojauksia, jolloin hiiltyminen alkaa suojakerroksen paksuudesta riippuen esimerkiksi vasta puolen tunnin tai tunnin kuluttua.

## 1.2 PALOMÄÄRÄYKSISTÄ

Suomessa tuli yli kaksikerroksisten puurunkoisten asuin- ja työpaikkarakennusten rakentaminen mahdolliseksi vuonna 1997. Taulukkomitoitukseen perustuen kerrosmäärärajaksi tuli tuolloin 4 kerrosta. Toiminnalliseen paloturvallisuussuunnitteluun (oletettuun palonkehitykseen) perustuvaa suunnittelua noudattaen kerrosmäärän ylärajaa ei ole ollut vuodesta 1997 lähtien.

Puurakentamiseen liittyen vuoden 2011 palomääräysten uudistus mahdollisti 8 kerroksiset asuin- ja työpaikkarakennukset. Tämän jälkeen puukerrostaloalueita on kaavoitettu ja rakennushankkeita käynnistetty selvästi aiempaa enemmän.

Vuonna 2016 voimassa olevat palomääräykset sallivat puun käytön rakenteiden lisäksi myös asunnon näkyvillä pinnoilla, esimerkiksi lattioissa, seinissä ja katoissa.

Yli kaksikerroksisissa puurunkoisissa rakennuksissa edellytetään automaattisen sammutuslaitteiston käyttöä. Tulipalotilanteessa esimerkiksi asuinhuoneiston irtaimisto palaa ensin aiheuttaen asukkaille vaaratilanteen. Siten puukerrostalossa oleva automaattinen sammutusjärjestelmä merkitsee asukkaille oleellisesti kohonnutta turvallisuustasoa.

## 1.3 JULKAISUN TAUSTA JA KOHDERYHMÄ

Tämä käsikirja perustuu yhtäältä monen vuosikymmenen aikana tehtyjen kotimaisten ja kansainvälisisten projektien tuloksiin, joita on muokattu käytännön sovellutuksia ja määräyskäyttöä varten tarpeelliseen muotoon. Toisaalta sisältö perustuu voimassa oleviin palomääräyksiin ja ohjeisiin sekä niiden tulkintoihin.

Käsikirja keskittyy puukerrostaloihin (=yli kaksikerroksisiin), mutta monien esitettyjen asioiden suhteen sisältöä voi soveltaa laajemminkin. Rajausta yli kaksikerroksisiin rakennuksiin on keskeinen määräysten käsittelyn osuudessa.

Kun valitaan puurakentamisen ratkaisuja, on tarpeen ottaa huomioon myös muita vaatimuksia, mm. ääniteknikkaan ja kosteusfysiikkaan liittyviä. Nämä eivät yleensä ole ristiriidassa paloteknisten vaatimusten kanssa, mutta niiden huomioiminen suunnittelun alkuvaiheessa auttaa löytämään yhteensopivia ratkaisuja.

Käsikirjassa on tarkoituksena antaa perustietoja ja ohjeita niin rakennusten suunnittelijoille kuin tuotekehityksenkin käyttöön. Käsikirjassa käsitellään puun palamisesta ja hiiltymisestä, tuotteiden ja rakenteiden paloluokkia sekä palomitoitusmenetelmiä. Lisäksi tuodaan esiin yksityiskohtia, jotka voivat merkittävästi vaikuttaa puurakentamisen paloturvallisuuteen.

Tämä käsikirja on tarkoitettu ensisijaisesti suunnitteleville arkkitehdeille ja insinööreille koulutuksen perusaineistoksi sekä suunnittelun tueksi määräysten, ohjeiden, puutuotteiden suoritustasojen sekä käytettävien menetelmien osalta. Se soveltuu myös rakentamisesta vastaavien viranomaisten työkaluksi sekä tuotteiden ja käyttösovellusten kehityksen tueksi.

# 2 Puutuotteet ja -rakenteet sekä suojaverhoukset

## 2.1 PALOTEKNINEN KÄYTTÄYTYMINEN

### 2.1.1 Paloluokitukset

Paloteknisen käyttäytymisen luokituksia käytetään palomääräyksissä sisäpuolisten pintojen ja ulkoseinien pintojen vaatimustasojen määrittämiseen. Lisäksi määräyksissä annetaan useissa kohdissa rakenteissa käytettävien tarvikkeiden vähimmäisvaatimuksia näihin paloteknisen käyttäytymisen luokkiin viitaten.

Rakennustarvikkeet jaetaan luokkiin sen perusteella, miten ne vaikuttavat palon syttymiseen ja sen leviämiseen sekä savun tuottoon ja palavaan pisarointiin. Paloteknisen käyttäytymisen luokittelu perustuu EU:n komission päätöksiin 96/603/EY, 2000/605/EY ja 2003/424/EY.

Rakennustarvikkeiden luokat, lukuun ottamatta lattiapäällysteitä, kuvataan merkinnöillä (perustuvat luokitusstandardiin SFS-EN 13501-1 [3]):

A1, A2, B, C, D, E, F.

Putkimaisten lämmöneristeiden luokat kuvataan merkinnöillä:

A1L, A2L, BL, CL, DL, EL, FL.

Savuntuotto ja palava pisarointi ilmaistaan lisämääreillä s ja d. Savuntuoton luokitukset ovat:

s1, s2, s3.

Vastaavasti palavan pisaroinnin luokitukset ovat:

do, d1, d2.

Putkimaisten lämmöneristeiden savuntuottoa sekä palavaa pisarointia koskevat lisämääreet ovat samat kuin edellä esitetyt.

Kaapeleille on olemassa omat luokitusmerkintänsä, mutta niitä ei ole ainakaan toistaiseksi otettu Suomessa käyttöön.

Lattianpäällysteille on olemassa erillinen luokitusjärjestelmä ja siihen liittyvät paloluokitukset kuvataan merkinnöillä:

$A_{1,FL}$ ,  $A_{2,FL}$ ,  $B_{FL}$ ,  $C_{FL}$ ,  $D_{FL}$ ,  $E_{FL}$ ,  $F_{FL}$ .

Savuntuotto ilmaistaan lisämääreellä  $s_1$  tai  $s_2$ .

### 2.1.1.1 Esimerkkejä tuotteiden paloluokituksista

Seinä- ja sisäkattotuotteiden osalta on alla listattu yleisellä tasolla paloteknisen käyttäytymisen eri luokkiin kuuluvia tyypillisiä tuotteita.

- A<sub>1</sub> Kivi, betoni, tiili, lasi, teräs, jne.
- A<sub>2</sub> Kuten A<sub>1</sub>, mutta voi sisältää vähän orgaanisia aineita, kipsilevyjä
- B Pinnoitettuja kipsilevyjä, palosuojattu puu
- C Fenolivaahdo, palosuojattu puu
- D Puutuotteita
- E Huokoinen kuitulevy, muovieristeitä
- F Tuote, jota ei ole testattu tai ei täytä ylläolevia vaatimuksia

Tässä jaottelu on tehty ns. pääluokan (eli lämmöntuottoa ja palonlevittämismuinaisuutta kuvaavan) mukaan. Puutuotteiden, joiden tiheys on vähintään 350 kg/m<sup>3</sup>, perusluokka on yleensä D. Palosuojakäsittelyllä tätä luokkaa voidaan nostaa C ja B tasoille. A<sub>2</sub> ja A<sub>1</sub> luokitukset eivät ole puupohjaisille tuotteille mahdollisia.

Savuntuoton osalta tavalliset D luokan tuotteet kuuluvat yleensä s<sub>2</sub> luokkaan ja palavan pisa-roinnin osalta d<sub>0</sub>, d<sub>1</sub> tai d<sub>2</sub> luokkaan (riippuen puutuotteen paksuudesta ja tuotteen ominaisuuksista).

Lattianpäällysteiden osalta on alla listattu yleisellä tasolla eri luokkiin kuuluvia tyypillisiä tuotteita. Myös tässä jaottelu on tehty ns. pääluokan mukaan. Puutuotteiden luokitus on D<sub>FL</sub> tai C<sub>FL</sub> puulajista ja tiheydestä riippuen. Savuntuoton osalta lattioissa käytettävien puutuotteiden luokka on yleensä s<sub>1</sub>.

- A<sub>1,FL</sub> Kivi, betoni, tiili, lasi, teräs, jne.
- A<sub>2,FL</sub> Kuten A<sub>1</sub>, mutta voi sisältää vähän orgaanisia aineita
- B<sub>FL</sub> PVC pohjaisia tuotteita
- C<sub>FL</sub> Osa puutuotteista (tiheimmät), villamattoja
- D<sub>FL</sub> Puutuotteita
- E<sub>FL</sub> Polypropyleenimattoja
- F<sub>FL</sub> Tuote, jota ei ole testattu tai ei täytä ylläolevia vaatimuksia

### 2.1.1.2 Testaamatta luokiteltavat puutuotteet

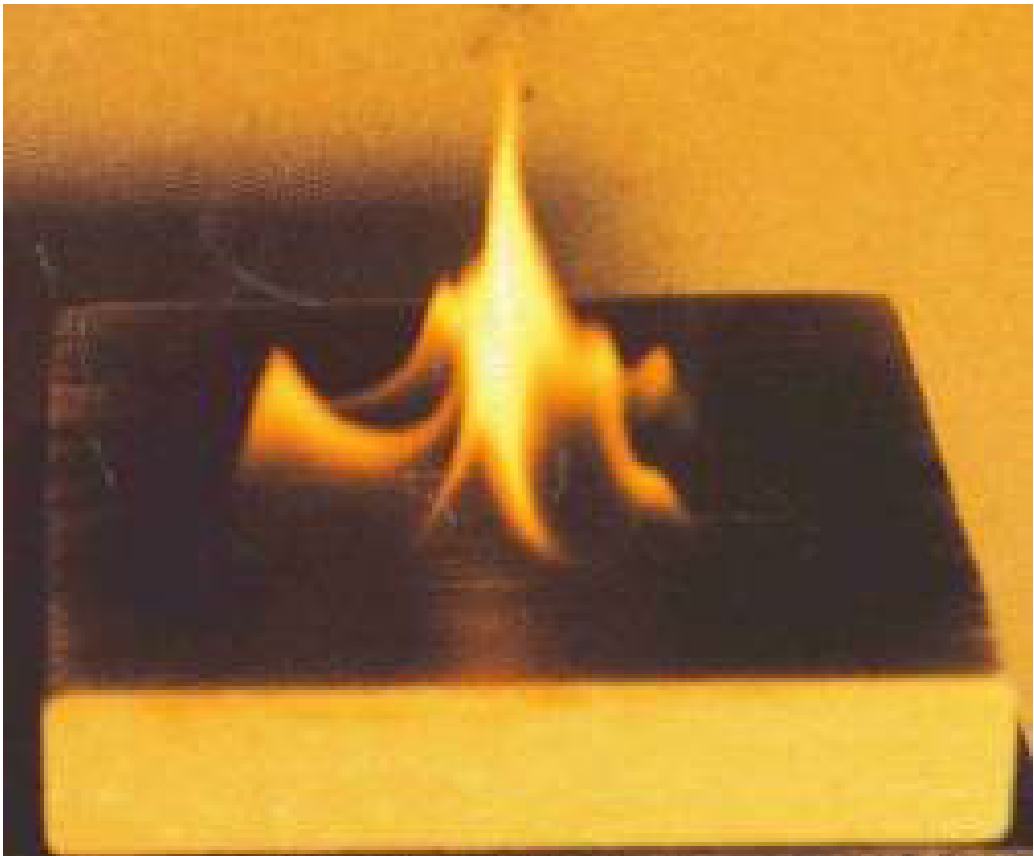
Euroopan komissio julkaisee EY:n virallisessa lehdessä luetteloja tuotteista, jotka voidaan luokitella ilman testausta (aiemmin Classified Without Further Testing (CWFT) ja tämänhetkisen käytännön mukainen nimitys Classified Without Testing (CWT)). Puutuotteista tällaisiin tuotteisiin kuuluvat palokäyttäytymisen luokituksen osalta seuraavat tuotteet:

- Puupohjaiset levyt (julkaistu 2003 + laajennus 2007)
- Rakennesahatavara (2003)
- Liimapuut (2005)
- Puiset lattianpäällysteet (2006 + laajennus 2014)
- Puupaneloinnit- ja verhoukset (2006)
- Valmisteilla on seuraavia tuotteita koskevat delegoidut asetukset: LVL ja CLT.

Edellä mainittujen tuotteiden luokitukset ja ehdot, joilla kyseiset luokitukset toteutuvat on esitetty liitteessä 1.

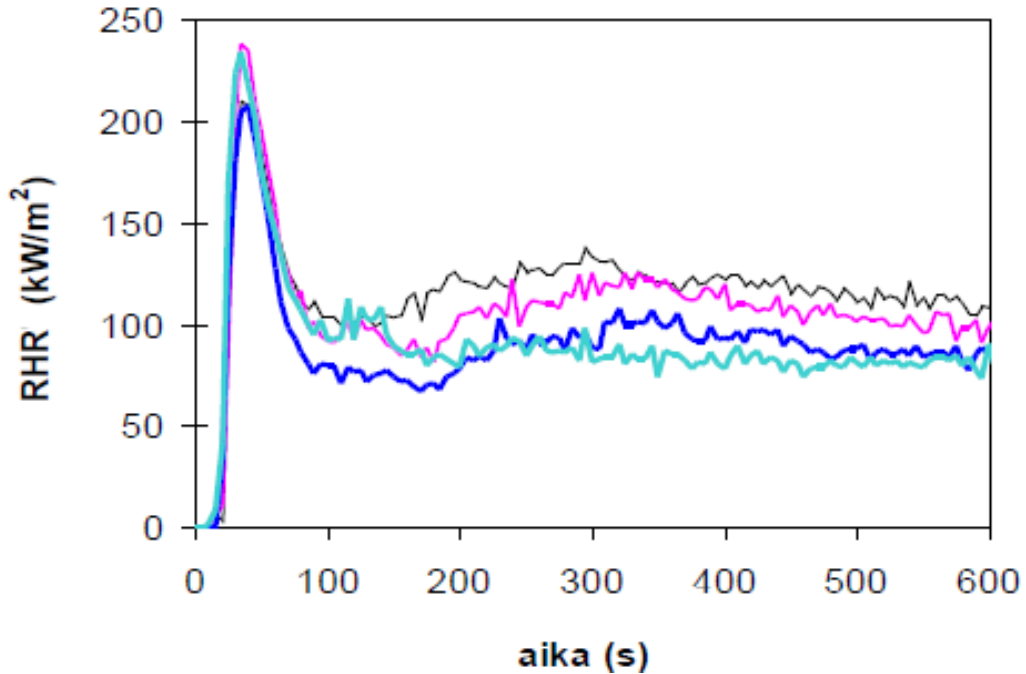
### 2.1.2 Puumateriaalin syttyminen ja palaminen/lämmöntuotto

Tulipalossa puupintaan voi kohdistua säteilylämpöä, kuljettumalla siirtyvää lämpöä ja liekki voi olla suoraan kontaktissa puupinnan kanssa. Puupinnan lämpötilan saavutettua  $100^{\circ}\text{C}$  alkaa vesi höyrystyä. Jo suhteellisen matalissa lämpötiloissa ( $160 - 180^{\circ}\text{C}$ ) alkavat ligniinin, selluloosan ja hemiselluloosan sidokset hajota. Voimakkaampi hajoaminen alkaa, kun on saavutettu noin  $270^{\circ}\text{C}$  lämpötila. Pintalämpötilan saavutettua noin  $350^{\circ}\text{C}$  tapahtuu syttyminen pienekin liekin tai kipinän läsnä ollessa (Kuva 3).



Kuva 3. Puupinta juuri syttymisen tapahduttua [4].

Lämmönvapautumisnopeus palosuojaamattomille puutuotteille on tyypillisesti suurusluokkaa 200 kW/m<sup>2</sup> tai vähän enemmänkin heti syttymisen jälkeen (Kuva 4). Tämän jälkeen hiilikerroksen kasvaessa lämmönvapautumisnopeus laskee merkittävästi, kunnes tuotteen paksuudesta johtuen voi tapahtua läpipalaminen ja lämmöntuotto kasvaa (takapinta voi tuolloin sytyä palamaan). Palosuojaikäsitellyllä voidaan merkittävästi laskea lämmöntuoton arvoja, jolloin paloluokituksissa voidaan siirtyä D luokasta C ja B luokkiin (katso luku 2.1.5).



Kuva 4. Tyypillisiä puutuotteiden lämmöntuoton käyriä.

### 2.1.3 Puumateriaalin savuntuotto ja palavien pisaroiden muodostuminen

Paloteknisen käyttäytymisen luokitus kuvaa syttymistä ja palon leviämisen aikaa, jolloin happea on yleensä riittävästi saatavana ja puutuotteiden savuntuotto on suhteellisen alhainen. Siten luokituksiksi seinissä ja sisäkatoissa käytettäville tuotteille saadaan yleensä vähintään s<sub>2</sub>, mutta myös s<sub>1</sub> on mahdollinen. Lattian päällysteiden osalta puutuotteiden savuntuoton luokitus on s<sub>1</sub>.

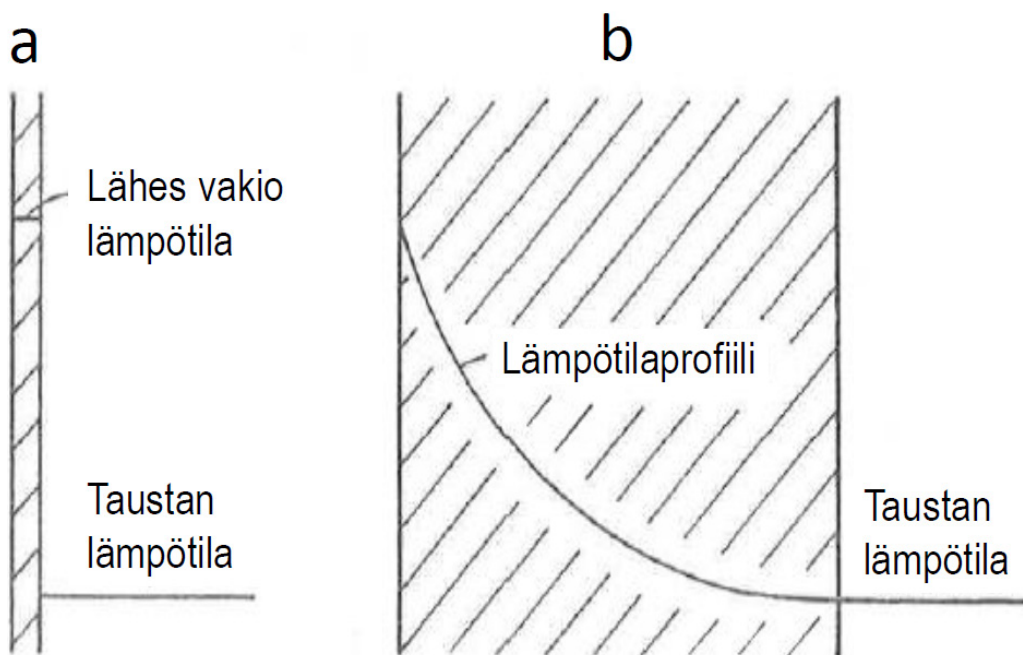
Palavien pisaroiden/partikkelien osalta puutuotteiden luokitus on yleensä d<sub>0</sub> silloin kun tuotteen paksuus on vähintään noin 10 mm. Vanerituotteille tämä luokitus voi olla myös d<sub>1</sub>. Vanerien osalta tämä johtuu viilujen delamiinoinumisesta. Alle 10 mm paksujen puutuotteiden osalta syynä alempaan luokitukseen on tuotteen läpipalaminen.

## 2.1.4 Puutuotteen paloluokitukseen vaikuttavia tekijöitä

### 2.1.4.1 Puutuotteen paksuus

Eripaksuisten puutuotteiden syttymiseen vaikuttaa niiden terminen paksuus. Termisesti ohut näyte sytty nopeammin kuin termisesti paksu materiaali. Kun termisesti ohut tuote altistuu lämmölle yhdeltä puolelta, vastakkainen puoli lämpenee hyvin lähelle altistuvan puolen lämpötilaa syttymisaikaan mennessä (Kuva 5). Termisesti paksun tuotteen vastakkainen puoli ei juuri lämpene vaan on ympäristön lämpötilassa näytteen syttyessä ja vielä pitkän aikaa palassakin.

Käytännössä tämä paksuuteen liittyvä riippuvuus on tuttua kaikille: On paljon helpompaa saada syttymään ohut lastu kuin paksu halko ilman sytykkeitä.



**Kuva 5.** Lämpötilajakaumat termisesti ohuessa (a) ja termisesti paksussa (b) puutuotteessa [4].

Termisesti paksuna puutuotteena voidaan yleensä pitää tuotetta, joka on vähintään noin 15 mm paksu. Termisesti ohuita ovat korkeintaan muutaman millimetrin paksuiset puutuotteet (kun niiden takana on lisäksi eristävää materiaalia).

Lämmöntuoton osalta termisesti ohut puutuote ja termisesti paksu puutuote palavat oleellisesti samalla tavalla heti syttymisen jälkeen. Käytännössä termisesti ohut puutuote palaa loppuun alun korkeammalla lämmöntuoton tasolla, kun taas termisesti paksun puutuotteen lämmöntuotto laskee merkittävästi alun jälkeen (Kuva 4).

Rakentamisessa käytettävät puutuotteet kuuluvat pääosin termisesti paksuihin tuotteisiin. Poikkeuksena ovat alle 10 mm paksut tuotteet, joista osa ei saavuta D luokkaa lähinnä läpipalamisesta (ja sen seurauksena molemmin puolin palamisesta) johtuen.



#### 2.1.4.2 Puutuotteen tiheys

Puutuotteen tiheys vaikuttaa syttymiseen. Mitä tiheämpi tuote on, sitä enemmän se pystyy sitomaan lämpöä, jolloin pinnan syttymislämpötila saavutetaan hitaammin. Tiheyden kasvaessa myös puutuotteen lämmönjohtavuus kasvaa hidastaen pintalämpötilan nousunopeutta. Termisesti paksujen puutuotteiden syttymisaika  $t_i$  on verrannollinen puun tiheyteen  $\rho$  seuraavasti [4]:

$$t_i \sim 2\rho(\rho + 120)$$

missä tiheyden yksikkönä on kg/m<sup>3</sup>. Termisesti ohuilla puutuotteilla vastaava riippuvuus on [4]:

$$t_i \sim \rho.$$

Puutuotteen tiheys vaikuttaa myös lämmöntuottoon jonkin verran. Viitteen [2] hiililymisnopeutta koskevista riippuvuuksista voidaan päätellä, että termisesti paksuilla puutuotteilla lämmöntuoton (RHR) riippuvuus on seuraava:

$$RHR \sim (\rho + 120)^{-1}.$$

Koska puutuotteen tiheyden kasvaminen pidentää syttymisaikaa ja pienentää lievästi lämmöntuottoa, on tiheyden kasvamisella myönteinen vaikutus pintakerrosten paloluokituksen kannalta.

#### 2.1.4.3 Loppukäytön olosuhteet

Kaikkien pintakerrostuotteiden suhteen paloluokituksessa on oleellista, että luokituksen ehdoissa on mukana käytännössä toteutuvia loppukäytön olosuhteita vastaavat olosuhteet. Tärkeimpiä näistä ovat ne ehdot, jotka koskevat tuotteen alustaa, jolle se asennetaan. Seuraavassa esimerkkejä näistä:

- Tuuletusväli
- Lämmöneriste (ja onko vähintään luokkaa A2-s1, do tai mikä tahansa)
- Levytuote (ja onko se esim. puuta, kipsilevyä ja mikä on sen paksuus).

Puutuotteen asennustavan muodostaessa yhtenäisiä pintoja, voidaan yleensä käyttää puutuotteen takana avointa tuuletusväliä (tuuletusvälin paksuudesta riippumatta) kun puutuotteen nimellinen paksuus on vähintään 18 mm ja mahdollisten urienkin kohdilta paksuus on vähintään 12 mm. Nämä ehdot koskevat D luokkaan kuuluvia palosuojaamattomia tuotteita.

Monien puutuotteiden osalta tarkempia ehtoja asennusalustaa jaluokituksen pätevyysaluetta koskien löytyy liitteen 1 testaamatta luokiteltavia puutuotteita koskevista komission päätöksistä.

Palosuojattujen (C ja B luokan seinä ja sisäkattotuotteiden) osalta ei ole olemassa riittävää aineistoa edellä kuvatun kaltaisten paksuusehtojen laatimiseksi. Harkiten voidaan samoja periaatteita kuitenkin soveltaa edellyttäen, että puutuote on palosuojattu kaikilta reunoiltaan samalla tavalla.

#### 2.1.5 Puun palosuojauksen mahdollisuudet

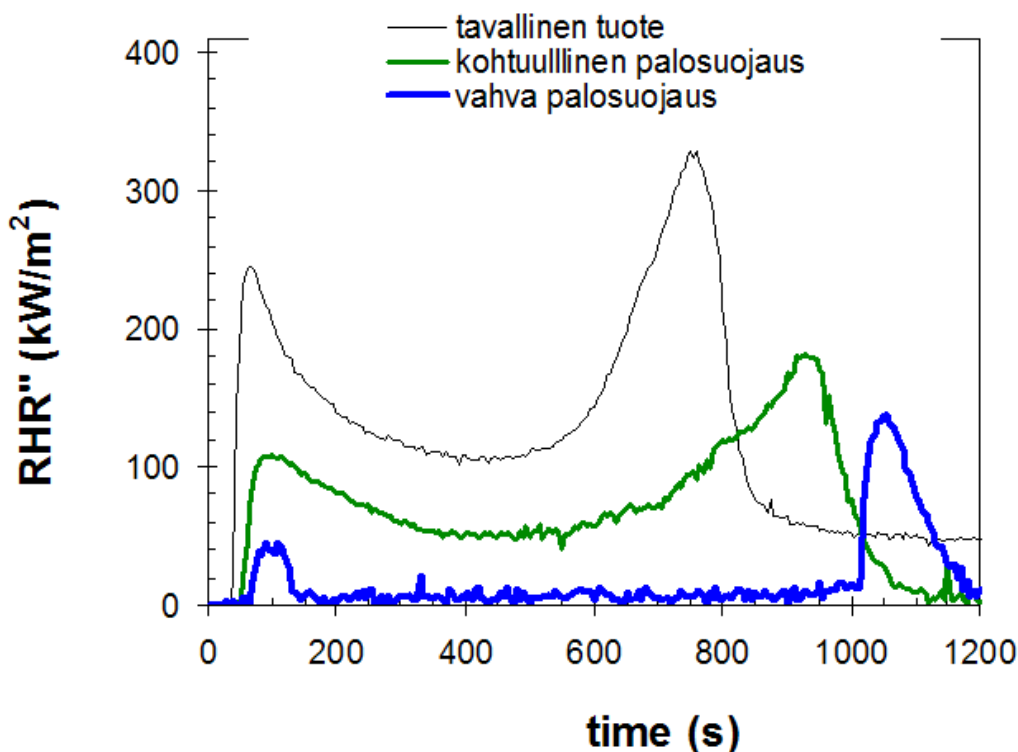
Puutuotteen palo-ominaisuuksia voidaan muokata paremman paloluokituksen saavuttamiseksi yleisimmin pyrolyysireaktiota muuttamalla (=eniten käytetty menetelmä). Olosuhteista riippuen puun pyrolyysi voi edetä pääasiassa kahdella eri tavalla: tervaa tai hiiltä muodostaen.

Normaaliin palamiseen liittyvässä reaktiotavassa pyrolyysi tuottaa paljon levoglukosaania sisältävää tervaa, joka hajoaa lämmön vaikutuksesta helposti palaviksi kaasuiksi. Puun pyrolyysiin vaikuttavassa palosuojauskassa puutuote käsitellään aineella, joka edistää selluloosan pyrolyysin tapahtumista pääasiassa hiilen muodostumiseen johtavaa reaktiopolkua pitkin.

Käytännössä tähän toimintaperiaatteeseen perustuvat aineet vähentävät palavien pyrolyysituotteiden määrää ja siten vähentävät tuotteesta vapautuvaa lämpöä.

Puun pyrolyysiin vaikuttavat aineet ovat tyypillisesti fosfori- tai booriyhdisteitä. Aineet lisäävät yleensä esimerkiksi ammoniumsuoloina, jotka lämmitettäessä hajoavat tuottaen fosfori- tai boorihappoa. Käsitelyaine voi myös hidastaa pyrolyysia ja stabiloida puun kemiallisia rakenteita termistä hajoamista vastaan. Esimerkiksi puuhun lisätty alumiinisulfaatti luo lämmitettäessä sidoksia selluloosamolekyylien välille ja siten estää termistä hajoamista.

Palosuojauskäsittelyn ansiosta syttyminen viivästyy, lämmöntuotto laskee ja samalla palon leviäminen hidastuu (Kuva 6). Paloluokituksissa voidaan päästä B luokkaan, jos käytetään palosuojauskäsittelyjä.



**Kuva 6.** Esimerkkejä puun palosuojauksen vaikutuksesta tuotteen lämmöntuottoon verrattuna palosuojaamattomaan tuotteeseen.

Puuntuotteiden palosuojauksia tehdään etenkin pintakäsittelyinä, mutta myös painekyllästyksenä. Paineekyllästyksessä palosuoja-aine imeytyy syvälle tuotteeseen. Palosuoja-aineen lisää-

minen on mahdollista myös valmistusprosessissa, esim. lastulevyjen, vanerien, yms. levytuotteiden valmistuksessa.

Pintakäsittelyn tuotteita voidaan ryhmitellä seuraavasti:

- paisuvat pintakäsittelyt: lakat ja maalit, paksu peittävä kerros
- ei-paisuvat pintakäsittelyt: pintakäsittely imeytyy usein jonkin verran myös puuhun.

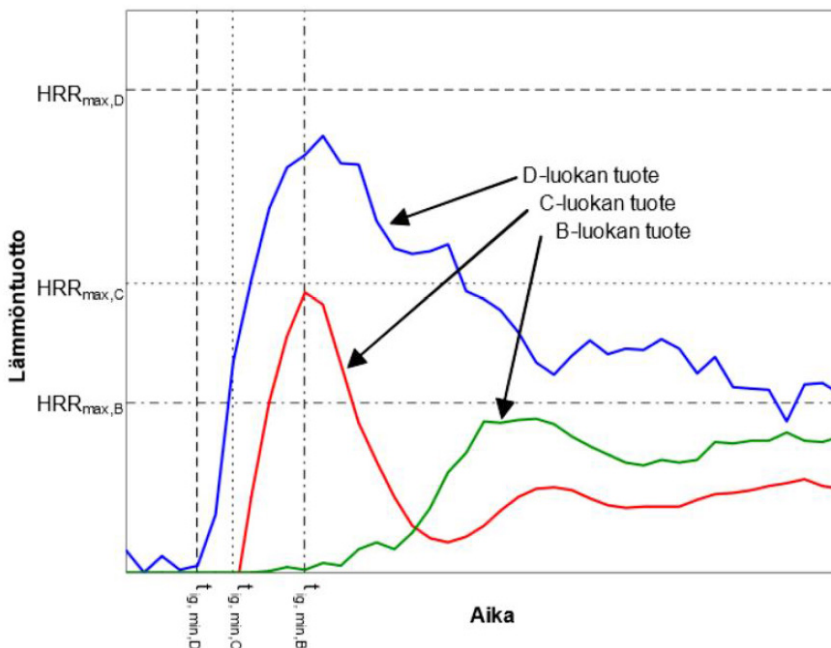
Palosuoja-aineiden käytössä on muistettava, että palosuojauksen päälle mahdollisesti lisättävien maalien tai lakkojen täytyy olla yhteensopivia palosuoja-aineen kanssa, koska muuten voidaan menettää palosuojauksen teho äärimmillään jopa kokonaan.

### Palosuojauksen tehon ennustaminen pienkokeen avulla

Jo 10 cm x 10 cm kokoisen näytekappaleen avulla, tekemällä kartiokalorimetrikoe ISO 5660 menetelmän mukaisesti, voidaan ennustaa melko hyvin palosuojatun puutuotteen luokitus tekemättä melko isoja koekappaleita vaativia luokituskokeita.

Paloluokitusta voidaan ennustaa käyttäen syttymisaikaan ja lämmöntuottoon liittyviä yksinkertaistettuja raja-arvoja (Kuva 7). Näinä raja-arvoina voidaan käyttää seuraavia suuntaa antavia arvoja, kun altistustaso kartiokalorimetrillä tehtävässä kokeessa on 50 kW/m<sup>2</sup> ja koeaika vähintään 15 minuuttia [6]:

Paloluokka	Syttymisaika [s]	Lämmöntuotto [kW/m <sup>2</sup> ]
B	≥ 40	≤ 100
C	≥ 30	≤ 180
D	≥ 15	≤ 25



**Kuva 7.** Palosuojattujen puutuotteiden luokituksen arviointi kartiokalorimetrikokeen tulosten avulla. Syttymisajan tulee ylittää raja-arvo ja lämmöntuoton tulee alittaa raja-arvo kullekin luokalle [5].

Palosuojaa-aineen käyttö voi aineesta riippuen nostaa savuntuoton arvoja etenkin silloin, kun liekehtivä palaminen on melko heikkoa. Palavien pisaroiden/partikkelien muodostumiseen ei palosuojaa-aineilla ole juurikaan vaikutusta (voi vähentää ilmiötä, koska palaminen on heikompaa).

## 2.2 PALONKESTÄVYYS

Kantavan ja/tai osastoivan puurakenteen palokestävyys määrittäminen voidaan tehdä kahdella tavalla: perustuen joko testaukseen, josta saadaan luokitustulos tai laskennalliseen mitoitukseen. Jälkimmäinen perustuu hiiltymisnopeuteen ja vaadittuun palonkestävyysaikaan sekä mahdollisesti käytettyjen verhoukslevyjen suojaavan vaikutuksen huomioon ottamiseen. Puurakenteiden palomitoituksen pääperiaatteet (Eurokoodi EN 1995-1-2 [7]) voidaan yksinkertaistaa seuraavasti:

- Hiiltymissyvyys lasketaan palon altistusajaksi ja hiiltymisnopeuteen perustuen
- Hiiltymätöntä jäännöspoikkileikkausta käytetään kantavuuden laskennassa (mekaaniset ominaisuudet otetaan normaalilämpötiloja koskevasta suunnitteluohjeesta).

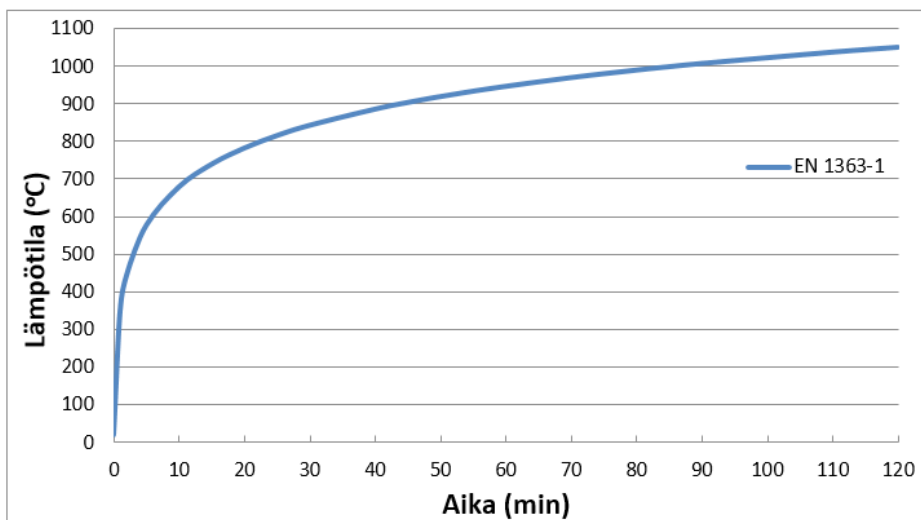
Hiilikerroksen suojaavan vaikutuksen ansiosta massiivisten puurakenteiden kantavuus ja osastoivuus säilyy pitkän aikaa tulipalossa.

### 2.2.1 Kantavien rakenteiden testaus

Palonkestävyyden luokitusstandardin SFS-EN 13501-2:n [8] mukaan kantavien rakennusosien ryhmään kuuluvat:

- osastoimattomat seinät
- osastoimattomat välipohjat
- osastoimattomat yläpohjat
- palkit
- pilarit
- parvekkeet
- kävelysillat
- portaat
- osastoivat seinät
- osastoivat välipohjat
- osastoivat yläpohjat
- asennuslattiat.

Kokeet tehdään käyttäen ns. standardipalorasituksen mukaista lämpötilakäyrää [9], joka on kuvattu alla (Kuva 8).



**Kuva 8.** Rakenteiden luokituskokeessa käytettävä standardipalokäyrä [9].

Kantavien rakennusosien palonkestävyysvaatimus ilmaistaan merkinnällä R. Rakentamismääräyksissä käytetään seuraavia luokkia: R 15, R 30, R 45, R 60, R 90, R 120, R 180 ja R 240.

### 2.2.2 Osastoivien rakenteiden testaus

Osastoivien rakenteiden luokitukset ja testausmenetelmät määritellään luokitusstandardissa EN 13501-2 [8]. Kantavat osastoivat seinät testataan standardin SFS-EN 1365-1 [10] mukaisesti ja väli/yläpohjat testataan standardin SFS-EN 1365-2 [11] mukaisesti. Palorasituksena käytetään samaa edellä mainittua standardipalokäyrää (Kuva 8). Osastoivuus koostuu tiiviyn ja eristävyyden määrittämisestä. Niiden kuvaukset on esitetty seuraavassa.

#### Tiiviys, E

Tiiviydellä E tarkoitetaan osastoivan rakennusosan kykyä kestää paloaltistus toiselta puolelta niin, että palo ei siirry vastakkaiselle puolelle rakennusosan läpi tunkeutuvien liekkiä tai kuumien kaasujen seurauksena. Liekit tai kuumat kaasut saattavat sytyttää joko tulen vastakkaisen pinnan tai minkä tahansa pinnan viereisen materiaalin.

Tiiviys arvioidaan yleensä seuraavien kolmen tekijän perusteella:

- tiettyä kokoa suurempien halkeamien tai aukkojen syntyminen
- puuvillavanutukon syntyminen
- jatkuvan palamisen esiintyminen tulen vastakkaisella pinnalla.

#### Eristävyys, I

Eristävyydellä I tarkoitetaan rakennusosan kykyä kestää toiselta puolelta vaikuttava palorasitus niin, ettei palo siirry merkittävän lämmönsiirtymisen seurauksena altistetulta puolelta vastakkaiselle puolelle. Lämmönsiirtymisen on oltava rajoitettu niin, ettei tulen vastakkainen pinta tai mikään sen läheisyydessä oleva materiaali syty palamaan. Rakennusosan on myös eristettävä lämpöä riittävästi, jotta se suojaa sen lähellä olevia ihmisiä.

Kaikkien osastoivien rakennusosien, paitsi ovien ja luukkujen, eristävyiden perusteena käytetään tulen vastakkaisen pinnan keskilämpötilannousua keskimääräistä alkulämpötilaa korkeammaksi. Se saa olla enintään 140 °C eikä suurin lämpötilannousu saa missään kohdassa olla yli 180 °C. Pinta-alaltaan pienille rakennusosille, kuten saumoille, keskimääräinen lämpötilannousu ei sovellu ja eristävyys määritetään pelkästään suurimman arvon perusteella.

Rakentamismääräyksissä käytettäviä osastoivuuden luokituksia ovat EI 15, EI 30, EI 45, EI 60, EI 90 ja EI 120. Lisäksi palomuurien osalta käytetään vaatimustasoina seuraavia: EI-M 60, EI-M 120, EI-M 180 ja EI-M 240, joissa M tarkoittaa iskunkestävyyttä palotilanteessa.

## 2.2.3 Hiiltymisnopeuteen perustuva mitoitus

### 2.2.3.1 Hiiltymisnopeus ja siihen vaikuttavat tekijät

Eurokoodi 5:n palomitoituksen osassa [7] annetaan eri puutuotteille hiiltymisnopeuden perusarvot (Taulukko 1). Yksidimensioisen hiiltymisen nopeuden mitoitusarvo standardipalossa esitetään merkinnällä  $\beta_0$ . Nimellisen hiiltymisnopeuden mitoitusarvoa standardipalossa merkitään  $\beta_n$ :llä. Nimelliseen hiiltymisnopeuteen sisältyy särmäpyöritysten ja halkeamien vaikutus. Hiiltymisen nopeus oletetaan ajasta riippumattomaksi.

Massiivisten puutuotteiden yksidimensioisen hiiltymisnopeuden arvo on 0,65 mm/min lukuun ottamatta tiheydeltään vähintään 450 kg/m<sup>3</sup> olevia lehtipuusta valmistettuja tuotteita, joiden arvo on 0,50 mm/min.

Levyjen ja lautaverhousten osalta hiiltymisnopeudet ovat suurempia (ks. Taulukko 1) ja riippuvat puutuotteen tiheydestä ja paksuudesta (riippuvuudet on esitetty taulukon alla).

**Taulukko 1.** Eri puutuotteiden hiiltymisnopeuksia Eurokoodi 5:n palomitoitusosan mukaan [7].

	$\beta_0$ mm/min	$\beta_n$ mm/min
<b>a) Havupuu ja pyökki</b>	0,65	0,7
Liimapuu, jonka ominaistiheys $\geq 290$ kg/m <sup>3</sup>		
Sahatavara, jonka ominaistiheys $\geq 290$ kg/m <sup>3</sup>	0,65	0,8
<b>b) Lehtipuu</b>		
Lehtipuusta valmistettu sahatavara tai liimapuu, jonka ominaistiheys on 290 kg/m <sup>3</sup>	0,65	0,7
Lehtipuusta valmistettu sahatavara tai liimapuu, jonka ominaistiheys $\geq 450$ kg/m <sup>3</sup>	0,50	0,55
<b>c) LVL</b> , jonka ominaistiheys on $\geq 480$ kg/m <sup>3</sup>	0,65	0,7
<b>d) Levyt ja lautaverhoukset</b>		
Lautaverhoukset	0,9 <sup>a</sup>	–
Vaneri	1,0 <sup>a</sup>	–
Muut puulevyt kuin vaneri	0,9 <sup>a</sup>	–
<sup>a</sup> Arvot pätevät, kun ominaistiheys on 450 kg/m <sup>3</sup> ja levyn paksuus on 20 mm; ks. kohtaa 3.4.2(9) tiheyden tai paksuuden poiketessa näistä arvoista.		

Taulukossa mainittu kohta 3.4.2(9): Kun ominaistiheys  $\rho_k$  poikkeaa tästä tai kun levyn paksuus  $h_p$  on alle 20 mm, hiiltymisnopeus lasketaan kaavasta  $\beta_{o,p,t} = \beta_o k_p k_n$ , missä  $k_p = (450/\rho_k)^{1/2}$  ja  $k_n = (20/h_p)^{1/2}$  ( $\rho_k$  on ominaistiheys [kg/m<sup>3</sup>] ja  $h_p$  on levyn paksuus [mm]).

### 2.2.3.2 Hiiltemissyvyys

Hiiltemissyvyys on rakenteen alkuperäisen pinnan ja hiiltemisrajan välinen etäisyys ja se lasketaan palon keston (=vaaditun palonkestävyyssajan) ja hiiltemisnopeuden avulla. Hiiltemissyvyys lasketaan kaikille palolle altistuville puupinnoille ja tarvittaessa myös alkujaan suojaassa olevien puupintojen osalta, jos puu hiiltemyy vaaditun palorasituksen aikana.

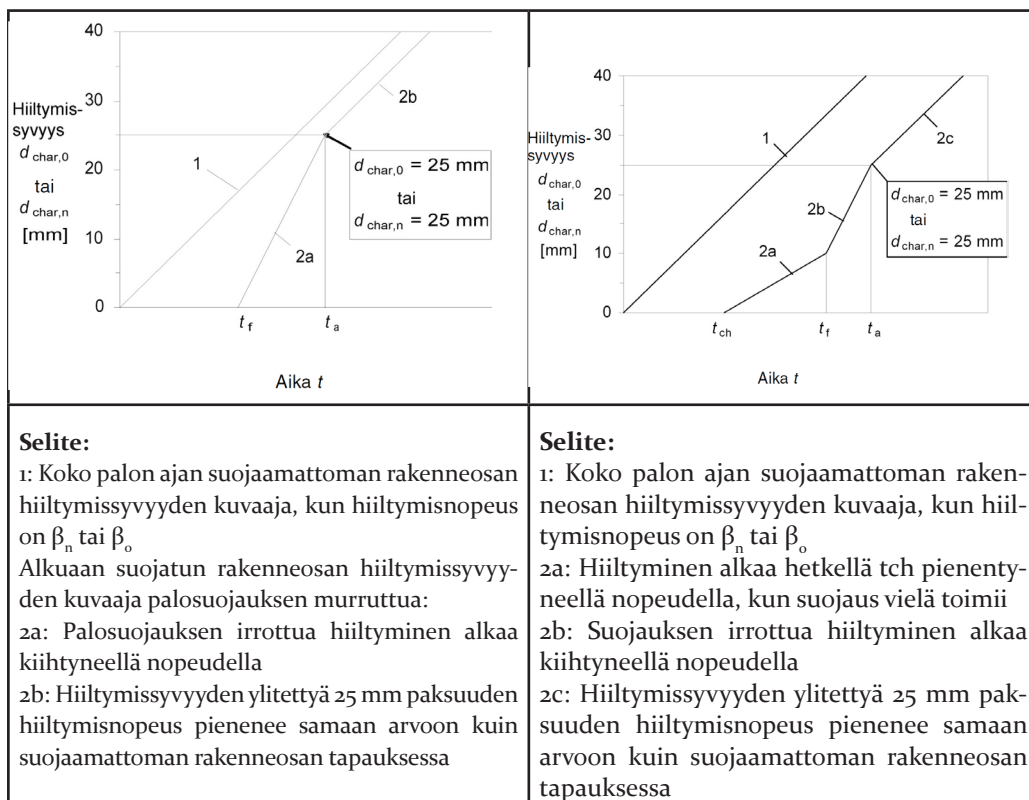
Eurokoodi 5:n palomitoitusosassa [7] havainnollistetaan hiiltemissyvyuden määrittäminen sekä suojaamattomalle että suojatulle puurakenteelle eritellen tapaukset, joissa puun hiilteminen alkaa suojauksen petettyä ja suojauksen vielä ollessa paikallaan (Kuva 9). Seuraavassa lyhyet kuvaukset käytettävistä menettelyistä hiiltemissyvyuden määrittämisessä:

Koko palon (standardipalo) ajan suojaamattomat pinnat:

- Tasomaiselle rakenteelle hiiltemissyvyuden mitoitussarvon laskennassa käytetään yksidimensioisen hiiltemisnopeuden arvoja
- Suorakaidepoikkileikkaukselle käytetään nimellistä hiiltemissyvyuden mitoitussarvoa
- Hiiltemisnopeudet  $\beta_0$  ja  $\beta_n$  taulukosta (Taulukko 1).

Alkujaan suojatun puurakenteen hiiltemissyvyuden kehittyminen ajan funktiona: Hiiltemisen alkaminen ja hiiltemisnopeuden muutokset seuraavina ajanhetkinä (Kuva 9):

- $t_{ch}$  hiiltemisen alkamishetki
- $t_f$  palosuojausmurtumishetki
- $t_a$  aika, jolloin hiiltemissyvyys on edennyt vastaavan suojaamattoman rakenteen hiiltemissyvyuden verran tai 25 mm.



Kuva 9. Hiiltemissyvyuden määrittäminen suojaamattomille ja suojatuille puurakenteille [7].

EN 1995-1-2:n kansallisen liitteen [12] mukaan Suomessa käytettävät hiiltymisen alkamishetket  $t_{ch}$  ja levyjen murtohetket  $t_f$  eri levysuojauksilla esitetään seuraavissa taulukoissa välipohjarakenteille (Taulukko 2) ja seinärakenteille (Taulukko 3). Taulukoissa esitetään myös kantavien palkkien ja pilareiden nimellisen hiiltymisnopeuden ( $\beta_n$ ) laskennassa käytettävät eristyskerroimen ( $k_2$ ) ja jälkisuojaukserroimen ( $k_3$ ) arvot.

**Taulukko 2.** Hiiltymisen alkamishetki  $t_{ch}$  ja levyjen murtohetki  $t_f$  sekä kertoimet  $k_2$  (eristyskerroin) ja  $k_3$  (jälkisuojaukserroin) välipohjarakenteissa [12].

Levytyys	$t_{ch}$	$k_2$	$t_f$	$k_3^{1)} / k_3^{2)}$
	min		min	
A	10	-	10	3.0 / 4.0
2 x A <sup>3)</sup>	30	-	30	3.0 / 4.0
A + F <sup>3,4)</sup>	40	0.85	45	3.8 / 5.0
F <sup>4)</sup>	15	0.85	30	3.8 / 5.0
2 x F <sup>4)</sup>	60	0.85	> 60	-
PI + F <sup>4,5)</sup>	40	0.85	45	4.0
PI + A <sup>3,5)</sup>	30	-	30	3.0

1) Jos eriste on kannatettu niin, että kannattajien pystysivuissa ei hiiltymää  
2) Jos eriste on kannatettu teräsprofiileilla tai puusoiroilla tai kanaverkolla (pystysivut eivät täysin hiiltymättömät)  
3) A-levy 13 mm paksu kipsilevy  
4) F-levy 15 mm paksu palokipsilevy  
5) PI-levy 12 mm paksu vaneri tai muu puulevy. Mikäli vanerin tai puulevyn paksuus  $d$  on suurempi kuin 12 mm, lisätään taulukon  $t_{ch}$ - ja  $t_f$ -arvoja määrällä  $\Delta t$ , kun  $\Delta t = (d - 12) / \beta_0$ .

**Taulukko 3.** Hiiltymisen alkamishetki  $t_{ch}$  ja levyjen murtohetki  $t_f$  sekä kertoimet  $k_2$  (eristyskerroin) ja  $k_3$  (jälkisuojaukserroin) seinärakenteissa [12].

Levytyys	$t_{ch}$	$k_2$	$t_f$	$k_3$
	min		min	
A	15	-	15	1.5
2 x A <sup>1)</sup>	40	-	40	1.0
A + F <sup>1,2)</sup>	55	0.85	>60	-
F <sup>4)</sup>	20	0.85	50	3.8
2 x F <sup>4)</sup>	65	0.85	> 60	-
PI + F <sup>2,3)</sup>	55	0.85	>60	-
PI + A <sup>1,3)</sup>	40	-	40	1.0

1) A-levy 13 mm paksu kipsilevy  
2) F-levy 15 mm paksu palokipsilevy  
3) PI-levy 12 mm paksu vaneri tai muu puulevy. Mikäli vanerin tai puulevyn paksuus  $d$  on suurempi kuin 12 mm, lisätään taulukon  $t_{ch}$ - ja  $t_f$ -arvoja määrällä  $\Delta t$ , kun  $\Delta t = (d - 12) / \beta_0$ .

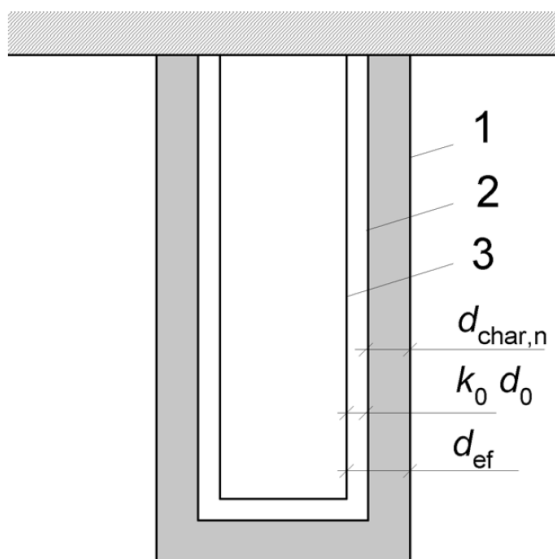


### 2.2.3.3 Tehollisen poikkileikkauksen menetelmä

Suomessa käytetään rakenteen kantokyvyn laskentaa varten tarvittavan poikkileikkauksen laskennassa tehollisen poikkileikkauksen menetelmää. Tämä tehollinen poikkileikkaus lasketaan pienentämällä alkuperäistä poikkileikkausta tehollisen hiiltymissyvyyden  $d_{ef}$  verran (Kuva 10) ja se määritellään seuraavasti:

$$d_{ef} = d_{char,n} + k_0 d_0$$

missä  $d_{char,n}$  on edellä määritelty hiiltymissyvyys,  $d_0 = 7$  mm ja  $k_0$  löytyy taulukoituna Eurokoodi 5:n palomitoitusosasta [7] (kertoimen arvo on 1,0 suojaamattomien pintojen tapauksessa, kun tarkastelu-aika on yli 20 minuuttia).



Kuva 10. Tehollisen poikkileikkauksen määrittäminen.

#### Seinä- ja välipohjarakenteiden suunnittelun oletuksia

Kantavat rakenteet, joilla ei ole osastoivuusvaatimusta, suunnitellaan molemmilta puolilta vaikuttavalle palorasitukselle.

Osastoivat rakenteet suunnitellaan toiselta puolelta vaikuttavalle palorasitukselle.

### 2.2.3.4 Ohjeita ja laskentatyökaluja

Puuinfon kotisivuilta (<http://www.puuinfo.fi/tekniset-tiedotteet>) on saatavissa ohjekortteja, joihin on koottu teknistä informaatiota suunnittelijoiden käyttöön. Ohjeet sisältävät myös esimerkkiratkaisuja. Puurakenteiden kantavuuden ja osastoivuuden määrittämisestä koskien on käytettävissä seuraavat ohjeet:

- Puurakenteen palomitoitus
- Palonkestävä NR-yläpohja
- Yläpohjan osastointi
- Olennainen rakenneosapalossa.

Puufon kotisivuilta (<http://www.puufi.fi/mitoitusohjelmat>) on saatavissa myös laskenta-työkaluja. Palomitoitusta koskien on käytettävissä seuraavat laskentaohjelmat:

- Seinän osastoivuuden mitoitus
- Kantavan seinän palomitoitus
- Palkisto palomitoitusohjelma.

## 2.3 SUOJAJERHOUKSET

Suojajerhouksen tehtävänä on suojata sen takana oleva rakenne syttymiseltä, hiiltymiseltä tai muulta vaurioitumiselta määrätyn ajan. Suomessa käytetään suojajerhouksien K<sub>2</sub> luokkien mukaisia vaatimustasoja. Koemenetelmä on standardin EN 14135 mukainen [13].

Suojajerhaus, jonka luokitus on K<sub>2</sub>, testauksessa käytetään yhtä seuraavista alustoista:

- lastulevy, jonka tiheys on (680 ± 50) kg/m<sup>3</sup> ja paksuus (19 ± 2) mm
- muu määritetty alusta.

Lastulevyalustalla saadut koetulokset pätevät kaikilla alustoilla käytettyyn suojajerhoukseen (riippumatta alustan tyypistä ja tiheydestä).

Kokeen aikana suojajerhouksen tulen vastakkaiselta pinnalta mitattu keskimääräinen lämpötilanousu ei saa olla yli 250 °C alkulämpötilaa korkeampi eikä suurin lämpötilan nousu saatiin missään kohdassa olla yli 270 °C alkulämpötilaa korkeampi. Lisäksi kokeen jälkeen missään kohdassa alustaa ei saa olla palanutta tai hiiltynyttä materiaalia.

Luokitukset voivat olla seuraavia: K<sub>2</sub> 10, K<sub>2</sub> 30, K<sub>2</sub> 60.

Eurooppalaisen FireInTimber-projektin raportissa [1] esitetään esimerkkejä palamattomista tarvikkeista tehdyistä suojajerhouksista ja niiden luokituksista (Taulukko 4).

Myös puutuotteille on mahdollista saada suojajerhausluokituksia, esimerkkinä liitteen 2 testaamatta paloluokitellut suojajerhoukset. Suomessa 3 - 8 kerroksissa P<sub>2</sub> rakennuksissa ei kuitenkaan voi sellaisenaan käyttää luokan taulukkomitoitukseen perustuen edellä mainittuja puutuotteita silloin kun vaatimuksena on K<sub>2</sub> 10 tai K<sub>2</sub> 30. Näissä kummassakin vähintään 10 minuutin osuus suojauksesta tulee olla palamatonta tarviketta. P<sub>1</sub> luokan asuinrakennuksen lisäkerroksen suojajerhouksena käy myös puutuote (K<sub>2</sub> 30 luokituksen täyttävä). Toiminnallisessa mitoituksessa käytön mahdollisuudet ovat laajemmat (edellyttää tosin kohdekohtaista hyväksyntää).

Puufon kotisivuilla (<http://www.puufi.fi/suunnitteluohjeet/suojajerhaus>) on esitetty esimerkkejä erilaisista suojajerhausratkaisuksista.

**Taulukko 4.** Esimerkkejä palamattomista (vähintään A2-s1, do luokan) tarvikkeista tehdyistä suojaverhouksista [1].

Tyyppi	Kuvaus	Luokitus EN 13501-2
Kipsilevyt	Yksi levykerros $\geq 10$ mm, puskusaumat	K <sub>2</sub> 10
	Kaksi 12,5 mm:n levykerrosta (tyyppi F / EN 520), puskusaumat eri kohdilla eri kerroksissa Yksi 18 mm:n levykerros, puskusaumat	K <sub>2</sub> 30
	Kaksi 18 mm:n levykerrosta (tyyppi F / EN 520), puskusaumat eri kohdilla eri kerroksissa	K <sub>2</sub> 60
Kevytbetonilevy	Yksi 25 mm:n levykerros, puskusaumat	K <sub>2</sub> 30
Kevyt silikaattilevy	Yksi 25 mm:n levykerros, puskusaumat	K <sub>2</sub> 30
Yhdistelmä	Yksi kipsilevykerros 15 mm ja yksi kalsium-silikaattilevykerros 15 mm, puskusaumat eri kohdilla eri kerroksissa	K <sub>2</sub> 60

# 3 Puukerrostalon palotekninen suunnittelu (yli 2 kerrosta)

## 3.1 PALOLUOKKIIN JA LUKUARVOIHIN PERUSTUVA SUUNNITTELU

### 3.1.1 Rakennuksen käyttötapa

Rakennukset tai niiden palo-osastot ryhmitellään niiden pääkäyttötavan perusteella. Taulukkomitoitukseen perustuen yli kaksikerroksiset puurunkoiset rakennukset voivat kuulua kahteen käyttötapaan: asunnot ja työpaikkatilat.

Esimerkiksi asuinrakennukseen voi kuulua lisäksi muun muassa irtaimistovarastoja, teknisiä tiloja, kerhotiloja ja pysäköintitiloja. Tällöin rakennuksen paloluokka määräytyy pääkäyttötavan mukaan ja kunkin käyttötavan tilat toteutetaan kyseistä käyttötappaa koskevien määräysten ja ohjeiden mukaisesti.

Rakennukseen voi kuulua myös pääkäyttötapaan kuulumattomia tiloja, jotka eivät suoraan palvele kyseistä pääkäyttötappaa. Tällaisia tapauksia ovat esimerkiksi asuinrakennukseen sijoit-

tettavat liiketilat ja päiväkodit. Näiden tilojen sijoittaminen harkitaan erikseen ja tulee yleensä kyseeseen, jos kyseessä on pienkäyttö asuinrakennuksessa (esim. perhepäivähoito) tai pienen liiketilan sijoittaminen työpaikkarakennuksen maantasokerrokseen.

### 3.1.2 Palokuormaryhmä

Asuntojen ja työpaikkatilojen palokuormaryhmä on alle 600 MJ/m<sup>2</sup>. Asuinrakennusten kellariosastot, jotka sisältävät irtaimistovarastoja kuuluvat palokuormaryhmään 600 - 1200 MJ/m<sup>2</sup>. Puukerrostalojen rakenteiden sisältämä palokuorma ei vaikuta palokuormaryhmään, koska kyseiset tilat varustetaan määräysten mukaisesti käyttötarkoitukseen sopivalla automaattisella sammutuslaitteistolla.

### 3.1.3 Rakennuksen paloluokka

Rakennusten paloturvallisuutta koskevissa määräyksissä, E1 [14], rakennusten paloluokat ovat P1, P2 ja P3. Määräysten selostusosassa paloluokat määritellään seuraavasti:

*Paloluokkaan P1 kuuluvan rakennuksen kantavien rakenteiden oletetaan pääsääntöisesti kestävän palossa sortumatta. Rakennuksen kokoa ja henkilömäärää ei ole rajoitettu.*

*Paloluokkaan P2 kuuluvan rakennuksen kantavien rakenteiden vaatimukset voivat olla paloteknisesti edellisen luokan tasoa matalampia. Riittävä turvallisuustaso saavutetaan asettamalla vaatimuksia erityisesti pintaosien ominaisuuksille ja paloturvallisuutta parantaville laitteille. Lisäksi rakennuksen kokoa ja henkilömääriä on rajoitettu käyttötavasta riippuen.*

*Paloluokkaan P3 kuuluvan rakennuksen kantaville rakenteille ei aseteta erityisvaatimuksia palonkestävyyden suhteen. Riittävä turvallisuustaso saavutetaan rakennuksen kokoa ja henkilömääriä rajoittamalla käyttötavasta riippuen.*

Paloluokkia ja lukuarvoja noudattavassa suunnittelussa puukerrostalot, joissa on 3 - 8 kerrosta, kuuluvat paloluokkaan P2. Vuonna 2011 voimaan tulleiden palomääräysten taustatutkimuksessa on lähdetty siitä, että 3 - 8 kerroksisten P2 luokan asuin- ja työpaikkarakennusten kantavien rakenteiden paikalliseen sortumaan johtava todennäköisyys on samalla tasolla kuin vastaavien P1 luokan vaatimustason täyttävien rakennusten [15]. Tämä perustuu automaattisen sammutuslaitteiston ja suojaverhousten yhdistelmän käyttöön. Automaattisella sammutuslaitteistolla on lisäksi erittäin merkittävä asukkaiden, käyttäjien ja pelastajien henkilöturvallisuutta parantava vaikutus verrattuna vastaaviin P1 luokan rakennuksiin, joissa ei edellytetä vastaavaa sammutusjärjestelmää.

Toiminnallista (oletettuun palonkehitykseen perustuvaa) suunnittelua noudattaen voidaan (ainakin periaatteessa) puukerrostalo sijoittaa joko P1 luokkaan tai P2 luokkaan. Tässä tapauksessa luokkanimitys ei ole oleellinen, vaan rakennuksen palotekninen suoritustaso.

### 3.1.4 Rakennuksen kokoa koskevia rajoituksia

Palomääräysten E1 taulukossa 3.2.1 on esitetty eri paloluokkien rakennusten kokoa koskevia rajoituksia, kun käytetään paloluokkiin ja lukuarvoihin perustuvaa suunnittelua (Taulukko 5). Puukerrostaloja (P2 luokka, 3 - 8 kerrosta) niistä koskevat seuraavat:

- Yli kaksi kerrosta on mahdollista vain asuinrakennusten ja työpaikkarakennusten osalta ja kerroksia voi olla korkeintaan 8.
- 3-4 -kerroksinen rakennus voi olla korkeintaan 14 m korkea.

- 5-8 -kerroksinen rakennus voi olla korkeintaan 26 m korkea.
- Kerrosala enintään 12 000 m<sup>2</sup>.

Edellä olevat rajoitukset eivät koske oletettuun palonkehitykseen perustuvaa suunnittelua, mutta yleensä niitä käytetään vertailutasoina arvioitaessa suunniteltavan kohteen paloturvallisuutta.

**Taulukko 5.** E1:ssä esitetyt rakennuksen kokoa koskevat rajoitukset paloluokittain.

Rakennuksen ominaisuus	Rakennuksen paloluokka		
	P1	P2	P3
<b>KERROSLUKU</b>			
- yleensä	ei rajoitusta	enintään 2	enintään 2
- asuinrakennus, työpaikkarakennus	ei rajoitusta	enintään 8	enintään 2
- tuotanto- tai varastorakennus, autosuoja	ei rajoitusta	enintään 2	enintään 1
<b>KORKEUS</b>			
- yleensä	ei rajoitusta	enintään 9 m	enintään 9 m
- asuinrakennus, työpaikkarakennus 3–4 krs.	ei rajoitusta	enintään 14 m	<i>ei sallittu</i>
- asuinrakennus, työpaikkarakennus 5–8 krs.	ei rajoitusta	enintään 26 m	<i>ei sallittu</i>
- yksikerroksinen tuotanto- tai varastorakennus	ei rajoitusta	ei rajoitusta	enintään 14 m
<b>KERROSALA</b>			
Kerrosala yleensä			
- yksikerroksinen	ei rajoitusta	ei rajoitusta	enintään 2400 m <sup>2</sup>
- kaksikerroksinen	ei rajoitusta	ei rajoitusta	enintään 1600 m <sup>2</sup>
- yli kaksikerroksinen	ei rajoitusta	enintään 12 000 m <sup>2</sup>	<i>ei sallittu</i>
Kerrosala tuotanto- ja varastorakennuksissa sekä autosuojissa			
- yksikerroksinen	ei rajoitusta	ei rajoitusta	ei rajoitusta
- kaksikerroksinen	ei rajoitusta	ei rajoitusta	<i>ei sallittu</i>

### 3.1.5 Rakennuksen suurin sallittu henkilömäärä

Palomääräysten E1 taulukossa 3.2.2 on esitetty eri paloluokkien rakennusten suurimpia sallittu- ja henkilömääriä (Taulukko 6). Taulukkoon liittyvän ohjeen mukaan puukerrostaloissa ei ole henkilömäärärajoituksia.

**Taulukko 6.** E1:ssä esitetyt rakennuksen henkilömääriä koskevat rajoitukset.

Käyttötapa	Kerroksia	Rakennuksen paloluokka		
		P1	P2	P3
Asunnot		ei rajoitusta	ei rajoitusta	ei rajoitusta
Majoitustilat	1	ei rajoitusta	paikkaluku 150	paikkaluku 50
	2	ei rajoitusta	paikkaluku 50	paikkaluku 10
Hoitolaitokset	1	ei rajoitusta	paikkaluku 100	paikkaluku 10
	2	ei rajoitusta	paikkaluku 25	<i>ei sallittu</i>
Kokoontumis- ja liiketilat	1	ei rajoitusta	ei rajoitusta	henkilöitä 500
	2	ei rajoitusta	henkilöitä 250	henkilöitä 50
Työpaikkatilat	1	ei rajoitusta	ei rajoitusta	ei rajoitusta
	2	ei rajoitusta	ei rajoitusta	työntekijöitä 150
Tuotanto- ja varastotilat	1	ei rajoitusta	ei rajoitusta	ei rajoitusta
	2	ei rajoitusta	työntekijöitä 50	<i>ei sallittu</i>

Ohje: Milloin yli kaksikerroksisia rakennuksia saa taulukon 3.2.1 mukaan rakentaa, niissä ei ole henkilömäärärajoituksia.

### 3.1.6 Osastokokoa koskevat rajoitukset

Palomääräysten E1 taulukossa 5.2.1 on esitetty eri paloluokkien rakennusten palo-osastojen enimmäisaloja koskevia rajoituksia (Taulukko 7). P2 luokan puukerrostaloja koskevat rajoitukset ovat samat kuin P1 rakennusten.

**Taulukko 7.** E1:ssä esitetyt rakennuksen osastokokoja koskevat rajoitukset.

Käyttötapa	Rakennuksen paloluokka		
	P1	P2	P3
<b>KERROKSET</b>			
Asinrakennukset	osastointi huoneistoittain	osastointi huoneistoittain	osastointi huoneistoittain
Majoitustilat ja hoitolaitokset			
- yöpymistilat	800 m <sup>2</sup>	800 m <sup>2</sup>	400 m <sup>2</sup>
- muut tilat	1600 m <sup>2</sup>	1600 m <sup>2</sup>	400 m <sup>2</sup>
Kokoontumis- ja liiketilat sekä työpaikkatilat	2400 m <sup>2</sup>	2400 m <sup>2</sup>	400 m <sup>2</sup>
Tuotanto- ja varastotilat sekä autosuojat	harkinnan mukaan <sup>1)</sup>	harkinnan mukaan <sup>1)</sup>	harkinnan mukaan <sup>1)</sup>
<b>ULLAKOT JA YLÄPOHJAN ONTELOT</b>	1600 m <sup>2</sup>	1600 m <sup>2</sup>	alapuolisten osastojen mukaan <sup>2)</sup>
<b>KELLARIT</b>	800 m <sup>2</sup>	800 m <sup>2</sup>	400 m <sup>2</sup>

### 3.1.7 Kantavien ja osastoivien rakenteiden vaatimukset

Puukerrostalossa kantavat ja osastoivat rakenteet voidaan tehdä puutuotteista kellarikerroksen kantavia ja osastoivia rakenteita lukuun ottamatta (Taulukko 8).

**Taulukko 8.** P2 luokan asuin- tai työpaikkarakennuksen (3–8 kerrosta) kantavuuden ja osastoivuuden vaatimukset.

Rakenne	Palokuorma MJ/m <sup>2</sup>		
	Yli 1200	600 - 1200	Alle 600
Kantavat rakenteet			
Kerrokset	R 180*	R 120*	R 60*
Kellarikerrokset	<input type="checkbox"/> R 180	<input type="checkbox"/> R 120	<input type="checkbox"/> R 60
Parvekkeiden palonkestävyysaika vaatimus on puolet kerroksen kantavien rakenteiden vaatimuksesta.			
Osastoivat rakennusosat kerroksissa	EI 120	EI 90	EI 60
Osastoivat rakennusosat kellareissa	EI 120	EI 90	EI 60
Osastoivassa rakennusosassa olevan oven, ikkunan ja muuta pienehköä aukkoa suojaavan rakennusosan palonkestävyysajan tulee yleensä olla vähintään puolet osastoivalle rakennusosalle vaaditusta palonkestävyydestä.			

\* = rakennuksen eristeiden ja muiden täytteiden tulee olla vähintään A2-s<sub>1</sub>, do luokan tarvikkeista



= kantavat rakenteet on tehtävä vähintään luokan A2-s<sub>1</sub>, do tarvikkeista

### **Lisäkerros P1-luokan asuinrakennuksessa**

Enintään 7-kerroksiseen rakennukseen saa jälkepäin rakentaa yhden asuinkäyttöön tarkoitettun lisäkerroksen, jonka kantava runko on puuta, edellyttäen että rakennuksen korkeus lisäkerroksen rakentamisen jälkeen ei ylitä 26 metriä. Lisäkerroksen kantavien rakenteiden luokkavaatimus on R 60 ja sisäpinnat suojaverhotaan  $K_2$  30 suojaverhouksella (tai EI 30 rakenteella), joka voi olla sisäpintojen luokkavaatimusten mukaisesti puuta.

Lisäkerroksen uloskäytävän osastoinnin ja osastovien rakennusosien luokkavaatimusten osalta noudatetaan P1-luokan vaatimuksia, eli niiden tulee olla tehty vähintään A2-s1, do luokan tarvikkeista. Myös lisäkerroksen lämmöneristeiden ja muiden täytteiden tulee olla vähintään A2-s1, do-luokan tarviketta.

### **3.1.8 Sisäpuoliset pinnat ja niiden suojaverhoukset**

Pintaluokkavaatimukset sisäpuolisille pinnoille ovat käyttötavasta riippuvia. Asunnoissa ja työpaikkatiloissa seinien ja kattojen perusvaatimuksena on B-s1, do, mutta se voidaan korvata puutuotteella (D-s2, d2) kun tila on varustettu OH-luokan automaattisella sammutuslaitteistolla (jollainen vaaditaan 5-8 kerroksissa P2 luokan rakennuksissa).

Puukerrostalojen teknisen huollon tiloissa ja kellaritiloissa seinien ja kattojen on oltava vähintään B-s1, do luokkaa. Uloskäytävien seinien ja kattojen vaatimus on A2-s1, do. Palosuojattuja puutuotteita on saatavana B-s1, do luokkaan asti (tarkemmin luvussa 2.1.5).

Puulattiat käyvät niin asuntoihin ja työpaikkatiloihin kuin teknisiin tiloihin, kellaritiloihin ja uloskäytäviin.



**Taulukko 9.** Sisäpuolisten pintojen luokkavaatimukset eri käyttötapoihin liittyen.

Käyttötapa		Sisäpuolisten pintojen luokkavaatimukset
Asunnot	Seinät ja katot	B-s1, d0*
	Lattiat	-
Työpaikatilat	Seinät ja katot	B-s1, d0*
	Lattiat	-
Kellaritilat	Seinät ja katot	B-s1, d0
	Lattiat	DFL-s1
Teknisen huollon tilat	Seinät ja katot	B-s1, d0
	Lattiat	DFL-s1
Uloskäytävät	Seinät ja katot	A2-s1, d0
	Lattiat	DFL-s1
Sisäiset käytävät työpaikatiloissa	Seinät ja katot	B-s1, d0
	Lattiat	DFL-s1
Saunat	Seinät ja katot	D-s2, d2
	Lattiat	-

\* Vähäisiä osia seinäpinnoista voidaan verhota D-s2, d2-luokan tarvikkeilla. Koskee myös suojaverhottuja seinä. Seinä- ja kattopinnat voidaan verhota vähintään D-s2, d2-luokan tarvikkeilla, kun tila on varustettu tarkoitukseen sopivalla automaattisella sammutuslaitteistolla (= vähintään SFS-EN 12845 -standardin OH-luokan vaatimustason mukaan).

### Suojaverhoukset

P2-luokan 3-4 kerroksisen puurunkoisen rakennuksen sisäpuoliset seinä- ja kattopinnat varustetaan vähintään A2-s1, d0-luokan tarvikkeista tehdyllä vähintään K<sub>2</sub>10 luokan suojaverhouksella, kun rakenne on tehty tarvikkeista, jotka eivät ole vähintään A2-s1, d0-luokkaa. (Huom.: Tämä vaatimus koskee myös kantamattomia seinä, mutta ei lattioita.)

P2-luokan 5-8 -kerroksisen puurunkoisen rakennuksen sisäpuoliset pinnat (palo-osaston kantamattomia sisäisiä väliseiniä lukuun ottamatta) varustetaan vähintään A2-s1, d0 luokan tarvikkeista tehdyllä vähintään K<sub>2</sub> 30 luokan suojaverhouksella, kun rakenne on tehty tarvikkeista, jotka eivät ole vähintään A2-s1, d0-luokkaa. Vaatimus koskee myös lattioita, mutta ne voidaan verhota lattialta edellytetyn pintaluokan mukaan, eli puutuotteella.

A2-s1, d0 tarvikkeesta tehty K<sub>2</sub> 30 luokan suojaverhous voidaan korvata rakenteella, joka vastaavan ajan suojaa rakenteita syttymiseltä, hiiltymiseltä tai muulta vaurioitumiselta. Tällainen rakenne voi olla EI 30-rakenne, A2-s1, d0-luokan tarvikkeista tai EI 30 -rakenne, josta suojattavaa rakennetta vasten oleva rakennekerros täyttää vähintään K<sub>2</sub>10, A2-s1, d0 vaatimukset

Käytännössä tuo jälkimmäinen tarkoittaa sitä, että suojaava rakenne voi näkyvältä pintaosaltaan olla esimerkiksi puulevy ja sen alla esimerkiksi kipsilevy, joka täyttää  $K_2 10$  vaatimuksen. Näiden kahden levytuotteen tulee yhdessä täyttää EI 30 vaatimus. Käytännössä puulevyn paksuuden tulee olla tällaisessa rakenteessa noin 15 – 20 mm.

Suojaverhouksen tai edellä kerrotun korvaavan suojaavan rakenteen liitokset ja kiinnitykset sekä läpiviennit ja muut asennukset tulee suunnitella ja toteuttaa siten, että palolta suojaava vaikutus ei niiden johdosta heikkene.

### 3.1.9 Ulkoseinät ja niiden suojaverhoukset

P2-luokan 3–8-kerroksisen rakennuksen ulkoseinän runko tulee tehdä vähintään D-s2, d2-luokan tarvikkeesta ja lämmöneristeen sekä muun täyteen tulee olla vähintään luokkaa A2-s1, d0.

Tuuletusraon sisäpinnan perusvaatimuksena on B-s1, d0 (Taulukko 10) ja sitä voidaan puukerrostaloissa soveltaa silloin, kun tuuletusraon sisäpintaan tulee  $K_2 30$  suojaverhous ja se tehdään EI 30 rakenteella. Tällöin suojattavaa rakennetta vasten on A2-s1, d0 luokan tuote ja tuuletusrakoon päin B-s1, d0 luokan tuote. B-s1, d0 luokan tuote käy tuuletusraon sisäpinnassa myös silloin kun ulkoseinän runkorakenne (ja lämmöneristeeet) ovat vähintään A2-s1, d0 luokkaa tai kyseessä on jälkeinpäin rakennetun lisäkerroksen ulkoseinä.

Ulkoseinän ulkopinnan ja tuuletusraon ulkopinnan perusvaatimuksena on B-s2, d0 (Taulukko 10), mutta sen tilalla voidaan käyttää D-s2, d2 luokan täyttäviä puutuotteita alla olevan taulukon (Taulukko 10) rajauksin ja ehdoin.

**Taulukko 10.** Ulkoseinien ulkopintojen ja tuuletusraon pintojen luokkavaatimukset.

Ulkoseinän ulkopinta	B-s2, d0*
Tuuletusraon ulkopinta	B-s2, d0*
Tuuletusraon sisäpinta	B-s1, d0/A2-s1, d0**

\* Enintään 8-kerroksisessa asuin- ja työpaikkarakennuksessa saa ulkoseinän ja tuuletusraon ulkopinnoissa käyttää D-s2, d2-luokan rakennustarviketta rakennuksen alinta kerrosta sekä uloskäytävien ja varateinä toimivien ikkunoiden tai muiden aukkojen ylä- ja alapuolella olevia pintoja lukuun ottamatta, kun:

- palon leviäminen tuuletusraossa on rajoitettu vähintään kerroksittain riittävän tehokkaasti,
- palon leviäminen vaakasuunnassa porrashuoneen ulkoseinän tuuletusrakoon on estetty,
- palon leviäminen julkisivusta ullakkoon ja yläpohjaan on estetty EI 30-rakenteella,
- julkisivurakenteen laajojen osien putoaminen palon sattuessa on riittävästi estetty ja
- rakennuksia tai rakennelmia ei sijoiteta alle 8 metrin etäisyydelle julkisivusta, jollei rakenteellisin tai muin keinoin estetä palon leviämistä julkisivuun.

\*\* A2-s1, d0, kun suojaverhouksen vaatimus  $K_2 10$ .

## Suojaverhoukset

P2-luokan rakennuksen ulkoseinän ulkopinnalle tai, mikäli ulkoseinärakenteessa on tuuletusrako, tuuletusraon sisäpinnalle asetetut suojaverhousvaatimukset, kun ulkoseinärakenne on tehty tarvikkeista, jotka eivät ole vähintään A2-s1, do-luokkaa, ovat seuraavat:

P2-luokan 3-4-kerroksinen rakennus:

- K<sub>2</sub> 10 -luokan suojaverhous, A2-s1, do-luokan tarvikkeista.

P2-luokan 5-8-kerroksinen rakennus:

- Yleensä K<sub>2</sub> 30-luokan suojaverhous, A2-s1, do-luokan tarvikkeista.
- Mikäli julkisivu on vähintään B-s2, do -luokkaa, K2 10-luokan suojaverhous A2-s1, do -luokan tarvikkeista.

A2-s1, do tarvikkeesta tehty K<sub>2</sub> 30 luokan suojaverhous voidaan korvata EI 30-rakenteella A2-s1, do -luokan tarvikkeista tai EI 30 -rakenteella, josta suojattavaa rakennetta vasten oleva rakenekerros täyttää vähintään K<sub>2</sub> 10, A2-s1, do vaatimukset. Käytännössä tuo jälkimmäinen tarkoittaa sitä, että suojaava rakenne voi tuuletusraon sisäpinnan puolelta olla B-s1, do luokan levy ja sen alla esimerkiksi kipsilevy, joka täyttää K210 vaatimuksen. Näiden kahden levytuotteen tulee yhdessä täyttää EI 30 vaatimus.

Parvekkeissa noudatetaan ulkoseinän ulkopinnalle ja tuuletusraon sisäpinnalle asetettuja suojaverhouksen vaatimuksia.

## Lisäkerroksen ulkoseinät

Enintään 7-kerroksisen P1-luokan asuinrakennuksen asuinkäyttöön tarkoitettua yhden jälkeinpäin rakennettua lisäkerroksen ulkoseinän ja tuuletusraon ulkopinnoissa saa käyttää D-s2, dz luokan tarviketta. Tuuletusraon sisäpinta on vähintään B-s1, do luokkaa. Suojaverhousta ei tarvita seinän ulkopuolelle.

### 3.1.10 Katteet

Katteen on yleensä oltava luokkaa B<sub>ROOF</sub>(t2) kaikissa rakennuksissa. Puurakentamisen kannalta katevaatimukseen ei liity mitään erityisyyttä.

### 3.1.11 Palon leviämisen estäminen naapurirakennuksiin

Kun rakennusten välinen etäisyys on vähintään 8 metriä, ei tarvita mitään erityistoimenpiteitä. Pienempien etäisyyksien tapauksissa palon leviämisen rajoittamisesta huolehditaan rakenteellisin tai muin keinoin. Yleisimmin käytetään osastoivia seiniä ja ikkunoita.

Mikäli rakennetaan kiinni toiseen rakennukseen tai lähes kiinni toiseen rakennukseen, on käytettävä palomuuria. Alla olevassa taulukossa on esitetty palomuurin vaatimukset 3-8 kerroksiselle P2 luokan rakennukselle palokuormaryhmittäin (Taulukko 11). Vaatimukset sisältävät osastoivuusvaatimuksen (EI) ja iskunkestävyysvaatimuksen palotilanteessa (M).

Palokuorma MJ/m <sup>2</sup>		
Yli 1200	600 - 1200	Alle 600
EI-M 240	EI-M 180	EI-M 120

P2-luokan 5–8-kerroksisessa rakennuksessa palomuuuri tulee tehdä A1-luokan rakennustarvikkeista. Matalammissa rakennuksissa voidaan käyttää myös puuta palomuurissa.

### 3.1.12 Poistuminen palon sattuessa

Poistumisturvallisuuden suhteen kulkureitin pituutta, uloskäytävien lukumäärää, varateitä, uloskäytävän mittoja ja ovien avautumista koskevat vaatimukset ovat samat niin P2 luokan puukerrostaloille kuin P1 luokan vastaaville kerrostaloille.

3–8-kerroksisen P2-luokan rakennuksen uloskäytävän porrassyöksyt ja -tasanteet ja niitä kannattavat rakenteet, jotka eivät ole vähintään A2-s1, do-luokkaa, tulee suojaverhota portaiden yläpintaa lukuun ottamatta vähintään K<sub>2</sub>30, A2-s1, do-luokan tarvikkeilla.

A2-s1, do tarvikkeesta tehtävä K<sub>2</sub> 30 luokan suojaverhous voidaan korvata EI 30 rakenteella, joka on tehty A2-s1, do luokan tarvikkeista.

P2-luokan rakennuksen porrassyöksyjen ja tasanteiden tulee täyttää luokan 30 vaatimukset, kun siihen johtavien tilojen palokuorma on alle 600 MJ/m<sup>2</sup>. Vastaava vaatimus on R 60, kun palokuorma on tätä suurempi.

### 3.1.13 Sammutus- ja pelastustehtävien järjestely

Palo- ja pelastustehtäviä koskien kohteeseen pääsyä ja sammutusreittejä sekä savunpoistoa koskevat vaatimukset ovat samat niin P2 luokan puukerrostaloille kuin P1 luokan vastaaville kerrostaloille.

Sähköverkkoon kytkettävät palo-varoittimet vaaditaan kaikkien paloluokkien asunnoissa, mutta myös P2-luokan 3–8 kerroksisissa työpaikkarakennuksissa.

#### Automaattinen sammutuslaitteisto

P2-luokan 3–8 kerroksisissa rakennuksissa on vaatimuksena automaattisen sammutuslaitteiston käyttö. Tämä vaatimus ei kuitenkaan koske 3–4 kerroksista P2 luokan asuinrakennusta, jossa kaikki kerrokset kuuluvat samaan asuinhuoneistoon ja rakennuksen korkeus on enintään 14 metriä.

P2-luokan 3–4-kerroksisessa asuinrakennuksessa automaattinen sammutuslaitteisto toteutetaan vähintään SFS-5980 standardin [16] 2-luokan vaatimustason mukaan. Standardi sisältää vähimmäisvaatimukset vesilähteille, käytettäville komponenteille, laitteistojen asentamiselle ja testaukselle, ylläpidolle ja laajennustoimenpiteille sekä kohteiden rakennusteknisille yksityiskohdille, jotka ovat välttämättömiä asuntosprinklauslaitteiston toiminnan varmistamiseksi.

P2-luokan 3–8-kerroksisessa työpaikkarakennuksessa ja P2-luokan 5–8-kerroksisessa asuinrakennuksessa automaattinen sammutuslaitteisto toteutetaan vähintään SFS-EN 12845 standardin [17] OH-luokan vaatimustason mukaan ja sammutuslaitteisto tulee varustaa vähintään varmennetulla yksinkertaisella vesilähteellä. Standardi SFS-EN 12845 sisältää vähimmäisvaatimukset kohteiden sprinkleriluokitukselle ja vesilähteille, käytettäville komponenteille, laitteistojen asentamiselle, testaukselle, ylläpidolle ja laajennustoimenpiteille sekä myös kohteiden rakennusteknisille yksityiskohdille.

Vaatimukset koskevat myös porrashuonetta: P2-luokan 3–8-kerroksisen rakennuksen useampaa kuin yhtä palo-osastoa palvelevat porrashuoneet ja muut uloskäytävät varustetaan automaattisella sammutuslaitteistolla.

Muissa kuin P2 luokan 3-8 kerroksissa rakennuksissa on mahdollisuus saada lievennyksiä perustuen automaattisen sammutuslaitteiston käyttöön. Nämä lievennykset koskevat mm. osastokokoja, kulkureitin pituutta, rakenteita ja pintoja.

### 3.1.14 Palomääräysten tulevasta kehityksestä

Meneillään oleva rakentamismääräyskokoelman uudistustyö koskee myös palomääräysten ja ohjeiden osaa E1. Tässä yhteydessä on esitetty perustellen mm. seuraavia puurakentamista koskevia muutoksia palomääräyksiin (koskien pääasiassa P2 luokan rakennuksia):

- Käyttötavan laajennuksia: Yli kaksi kerroksiset P2 luokan rakennukset mahdollisiksi myös muissa käyttötavoissa kuin asunnot ja työpaikkatilat.
- P2 luokan rakennuksen korkeuden muutos 26 metrillä 28 metriin.
- Parvekkeiden suojaverhousvaatimusten väljentäminen.
- Lisäkerrossääntöjen soveltaminen myös uudisrakentamiseen ja sääntöjen laajentaminen kahteen ylimpään kerrokseen.
- Näkyvien puupintojen käyttö ilman suojaverhouskompensaatioiden avulla.

## 3.2 OLETETTUUN PALONKEHITYKSEEN PERUSTUVA (TOIMINNALLI-NEN) SUUNNITTELU

Toiminnallista paloturvallisuussuunnittelua käytetään pääasiassa silloin, kun taulukkomitotus ei riitä tai sovellu kohteeseen. Sitä käytetään myös vaihtoehtoisena reittinä, kun esimerkiksi pyritään varmistamaan turvallisuutta vaativissa kohteissa tai on mahdollista päästä kustannussäästöihin.

Tyypillisiä toiminnallisen palomitoituksen käyttökohteita ovat mm. kantavien puurakenteiden käyttö ilman suojaverhousa ja yli kaksi kerroksiset puurunkoiset rakennukset muissa käyttötavoissa kuin asunnot ja työpaikkatilat. Menettelyä käytetään myös yli 8 kerroksissa puurunkoisissa rakennuksissa.

Puukerrostalojen toiminnallista palosuunnittelua käsitellään laajemmin käytettävien menetelmien osalta ja esimerkkien avulla kirjallisuusviitteessä [18].

### 3.2.1 Vaatimuksen täyttymisen osoittaminen ja raportointi

Toiminnallisen palosuunnittelun perustana on paloturvallisuusmääräysten E1:n [14] kohta 1.3.2, jossa annetaan paloluokkien ja lukuarvojen käytölle (E1:n kohta 1.3.1) vaihtoehtoinen ja tasa-arvoinen menettely ohjeineen seuraavasti:

*Paloturvallisuusvaatimuksen katsotaan täyttyvän myös, mikäli rakennus suunnitellaan ja rakennetaan perustuen oletettuun palonkehitykseen, joka kattaa kyseisessä rakennuksessa todennäköisesti esiintyvät tilanteet. Vaatimuksen täyttymisen todennetaan tapauskohtaisesti ottaen huomioon rakennuksen ominaisuudet ja käyttö.*

### *Ohje*

*Suunnittelussa käytetään menetelmiä, joiden kelpoisuus on osoitettu. Eurooppalaisten (EN) ja kansainvälisten (ISO) standardien mukaisten koe- ja laskentamenetelmien voidaan olettaa täyttävän kelpoisuusvaatimukset, mikäli sovellus on ko. menetelmän pätevyysalueella.*

*Suunnittelun perusteet, käytetyt mallit ja saadut tulokset on esitettävä rakennuslupamenettelyn yhteydessä.*

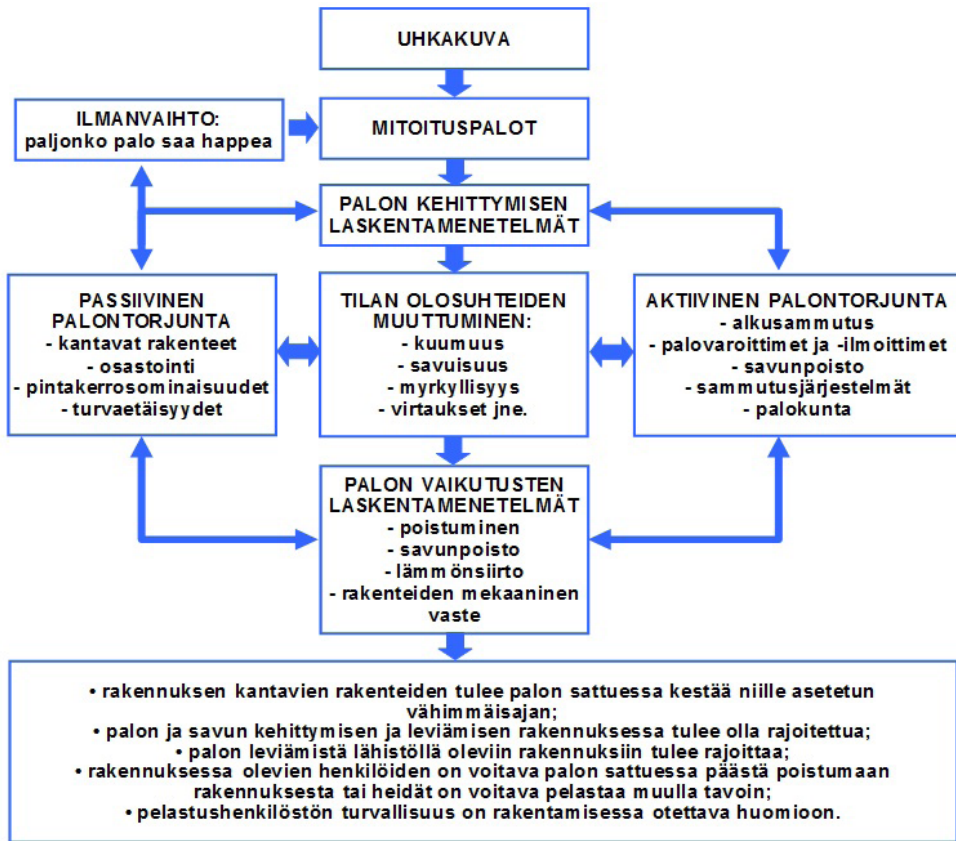
### *Ohje*

*Asiakirjoista on tällöin ilmentävä ainakin seuraavat seikat:*

- rakennuksen ja siinä olevien paloturvallisuuslaitteiden kuvaus,*
- rakennuksen käytöstä koko sen elinkaaren aikana tehty oletukset,*
- palokunnan toimintamahdollisuuksista tehty oletukset,*
- perusteet tarkastelun kohteiksi valituille palotilanteille,*
- vikaantumistarkastelu tarvittavassa laajuudessa perusteluineen,*
- rakennuksen käytön aikana edellytettävät huolto- ja kunnossapitotoimet,*
- käytettyjen menetelmien kuvaus, joka sisältää laskenta- ja koemenetelmien soveltuvuuden rajoituksineen sekä lähtötiedot ja tehty oletukset perusteluineen,*
- saadut tulokset herkkyyksianalyseineen (sen selvittämiseksi, aiheuttaako pieni muutos tehdyissä oletuksissa merkittävän muutoksen paloturvallisuudessa),*
- hyväksymiskriteerit ja saatujen tulosten vertailu niihin sekä*
- sovellusalueiden yksilöinti ja rajausta, mikäli suunnittelussa on käytetty molempia kohdissa 1.3.1 ja 1.3.2 mainittuja vaatimusten täyttymisen osoittamistapoja.*

Edellä olevat ohjeet antavat kattavan listan oletuksista, tehtävistä ja prosessistakin, mutta sisältöjen osalta mm. sellaiset keskeiset asiat kuten kohteen uhkakuvat, mitoituspalot ja hyväksymiskriteerit jäävät suunnittelijan, paikallisen viranomaisten ja (useimmiten mukana olevan) kolmannen osapuolen yhdessä arvioitavaksi.

Uhkakuvista lähtevä toiminnallinen paloturvallisuusanalyysi sisältää palon kehittymisen sekä passiivisen ja aktiivisen palontorjunnan huomioon ottamisen niissä tiloissa, joita analyysi koskee. Useimmat muuttujat ovat ajasta riippuvia ja monilla on keskinäisiä vuorovaikutuksia (Kuva 11). Lopputuloksen tulee täyttää paloturvallisuuden keskeiset vaatimukset, jotka on esitetty alla olevan kaavion alareunassa.



Kuva 11. Toiminnallisen palosuunnittelun osatekijöitä ja niiden välisiä riippuvuuksia [19].

### 3.2.2 Hyväksymiskriteereistä

Puukerrostalojen toiminnallisessa suunnittelussa on usein käytössä vertailuperiaate, jossa otetaan vertailukohdaksi vastaavan käyttötavan rakennus, jolle suunnittelu voidaan tehdä P1 rakennuksen paloluokituksia ja lukuarvoja käyttäen. Tästä menetelmästä on olemassa myös pohjoismainen tekninen eritelmä INSTA TS 950 [20]. Tässä menetelyssä voidaan verrata erikseen henkilöturvallisuuden tasoja ja omaisuus ja ympäristövahinkojen tasoja riippuen kulloisestakin painotuksesta. INSTA TS 950 sisältää ohjeita mm. mitoituspalojen muodostamisen suhteen sekä jonkin verran myös hyväksymiskriteereitä mm. turvalliseen poistumiseen liittyen (näkyvyyden, lämpötilan, jne. raja-arvoja).

Absoluuttisten hyväksymiskriteerien suhteen tulee palosuunnittelua aloitettaessa varmistaa niiden käytön hyväksyttävyyden ja periaatteelliset menetelytavat. Tämä siitä syystä, että yleensä ei ole käytettävissä menetelmiä, joiden kelpoisuus on riittävästi osoitettu (tai käyttökokemuksia myös viranomaispuolella), standardeista puhumattakaan.

### 3.2.3 Riskiarviot, analyysit ja simuloinnit

Yksinkertaisessa tapauksessa pelkkä paloriskien arviointi ja vertailu hyväksyttävään ratkaisuun voi olla riittävä analyysi toiminnalliseen ratkaisuun. Useimmiten ensimmäinen riskien arviointi paljastaa niitä kriittisiä kohtia ja asioita, joita on tarpeen analysoida. Näin päästään uhkakuviiin ja niiden kautta mitoittaviin paloihin, joissa on muistettava se, että henkilöturvallisuuden ja rakenteiden palonkestävyyden kannalta mitoittavat tilanteet voivat poiketa toisistaan.

Etenkin suurissa ja monimuotoisissa tiloissa palon ja savun leviäminen ovat niitä vaikuttavia tekijöitä, joita ei voi päättelemällä tai käsin laskennalla arvioida. Tällöin on tarpeen simuloida mitoittavien palojen tilanteita ja simulointituloksista päätellen mahdollisesti muodostaa uusia mitoituspaloja ja lisätä tai vaihtaa niiden paikkoja.

Palon ja savunleviämisen simuloinnin yhteydessä tarvitaan yleensä myös poistumisen simulointeja, jotta saadaan määritettyä riittääkö poistumiseen tarvittava aika verrattuna turvalliseen poistumiseen käytettävissä olevaan aikaan.

### 3.2.4 Näkyvien puupintojen käyttö (sisällä ja julkisivuissa)

Näkyvillä puupinnoilla on vaikutuksia palon leviämiseen ja riippuen pintojen paksuudesta myös palokuorman kautta kokonaispalorasitukseen. Henkilöturvallisuuden kannalta sisätiloissa, joissa on taulukkomitoituksen vaatimuksena vähintään B luokka, ei ole juurikaan mahdollisuuksia esittää toiminnallisen analyysin keinoin D luokan pintoja yhtä turvallisiksi kuin vertailukohteen B luokan pinnat ellei käytetä automaattista sammuuslaitteistoa.

Puujulkisivujen osalta on olemassa tutkimustietoa puun paloturvallisesta käytöstä [21,22] ja tuloksia on siirretty myös taulukkoarvoihin perustuviin vaatimuksiin sallimalla laajempaa puun käyttöä julkisivuissa.

### 3.2.5 Kantavien puurakenteiden mitoituspaloista

Puurakenteiden toiminnallisen paloturvallisuussuunnittelun perustana on usein standardipalokäyrän käyttö. Standardipalokäyrästä on eniten kokeellista tietoa ja käytetyt vaatimus/turvallisuustasot ovat aikojen myötä muotoutuneet hyväksytyiksi taulukkoarvoiksi. Tämä käyrä käy myös toiminnalliseen suunnitteluun silloin kun uhkakuvista seuraavat mitoittavat tekijät ovat palorasitukseltaan lähellä standardipalokäyrää tai poikkeamista huolimatta tiedetään kokonaisrasituksen vastaavan käytettyä palonkestävyysaikaa. Tällöin voidaan olettaa, että esimerkiksi kantavat rakenteet kestävät oletetun ajan esiintyvillä palokuormilla.

Silloin kun esimerkiksi asuinrakennuksen sisätiloissa on paljon näkyvää puuta (kantavia massiivisia seiniä tai välipohjia), tulee rakenteiden palomitoitusta tarkastella laajemmin kuin standardipalorasitukseen perustuen. Koska automaattisen sammuuslaitteiston luotettavuutta ei ole käytännössä mahdollista nostaa sataan prosenttiin, tulee kantavien rakenteiden mitoituksessa ottaa huomioon myös se tapaus, että rakenteet osallistuvat paloon ja siitä seuraava hiiltymisnopeuden kasvaminen. Kun on tarve turvata pelastus- ja sammuushenkilöstön työskentelyolosuhteet riittävän pitkän ajan, voi analyysi johtaa näissä tapauksissa kantavien rakenteiden R luokkavaatimuksen kasvamiseen.



Korkeissa hallimaisissa tiloissa, joissa palokuorma on rajoitettu, toiminnallisella mitoituksella voidaan päästä pienempiin kantavuuden vaatimuksiin ainakin hallin yläosissa teräsrakenteiden tapaan.

### 3.2.6 Passiivisen ja aktiivisen suojauksen käyttö

Puukerrostaloissa käytetään taulukkomitoituksen sääntöjen mukaan sekä aktiivista (automaattinen sammutuslaitteisto) että passiivista suojausta (suojaverhoukset). Passiivisen menetelmän hyötynä on se, että vaikka osastoivan seinän palonkestävyysvaatimuksen toteutumisen luotettavuus olisi vain 75 %, tarkoittaisi tämä esimerkiksi sitä, että EI 60 luokitetun seinän pettäminen alkaisi vasta 45 minuutin kuluttua (standardipalorasituksen olosuhteissa). Automaattisen sammutuslaitteiston pettäessä (esim. noin 5 % tapauksista) epäonnistuneen sammutuksen seurauksena alkavat näkyä välittömästi. Näillä suojauksen eri menetelmillä on siis varsin erilainen aikariippuvuus seurausten suhteen suojauksen pettäessä.

Edellä kuvattu passiivisen ja aktiivisen suojauksen yhdistelmä sopii myös toiminnalliseen paloturvallisuussuunnitteluun erityisesti siitä syystä, että siinä on aina mukana toinen varmentava järjestelmä. Toiminnallisessa suunnittelussa passiivisen ja aktiivisen suojauksen osuuksia voi painottaa optimaalisesti kun pyritään tavoitetasoon. Äärimmillään voidaan toisesta suojauksen tavasta kohdekohtaisesti luopua kokonaan, kun jäljelle jäävä suojaustapa on mitoitettu suoritusastoltaan ja luotettavuudeltaan kokonaisuuden turvallisuustavoitteet toteuttavaksi.

## 3.3 SUUNNITTELUN ERITYISPIIRTEITÄ

### 3.3.1 Palon leviämisen rajoittaminen

Kaikissa rakennuksissa erilaiset ontelot muodostavat potentiaalisen paloriskin, koska ontelo-tiloissa palo voi leviää piilossa huomaamatta kauaksikin alkuperäisestä palopaikasta. Puukerrostalojen osalta oman lisänsä tähän tuo palon leviäminen ontelon kautta mahdollisiin suojaamattomiin puupintoihin.

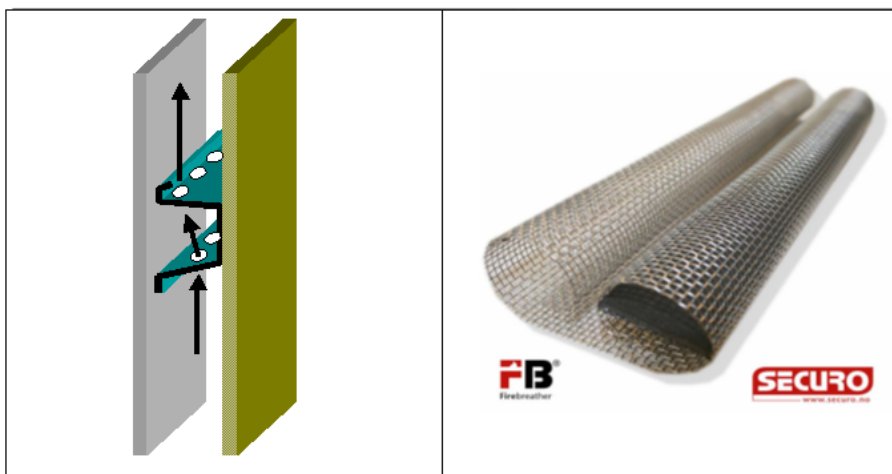
Rankarakenteet ja massiiviset puurakenteet eroavat palon leviämisen riskien suhteen jonkin verran toisistaan. Rankarakenteissa on yleensä enemmän mahdollisuuksia pienten rakojen ja onteloidin muodostumiselle mm. levytysten ja lämmöneristeen väliin kuin massiivipuurakenteissa. Jos palo pääsee etenemään rakenteen onteloihin, on massiivipuurakenne vikasietoisempi. Näin siksi, että sen kantavuuden menetys ei tapahdu yhtä nopeasti kuin rankarakenteella, joka voi altistua palolle samanaikaisesti useammalta puolelta.

Ulkoseinien tuuletusraot ovat onteloita, joissa palon leviämistä on tarpeen rajoittaa puukerrostaloissa. Tuuletusrakojen palokatkoja on tutkittu [23] ja päädytty mm. reikäpeltien ja onte-loventtiilien käyttöön (Kuva 12).

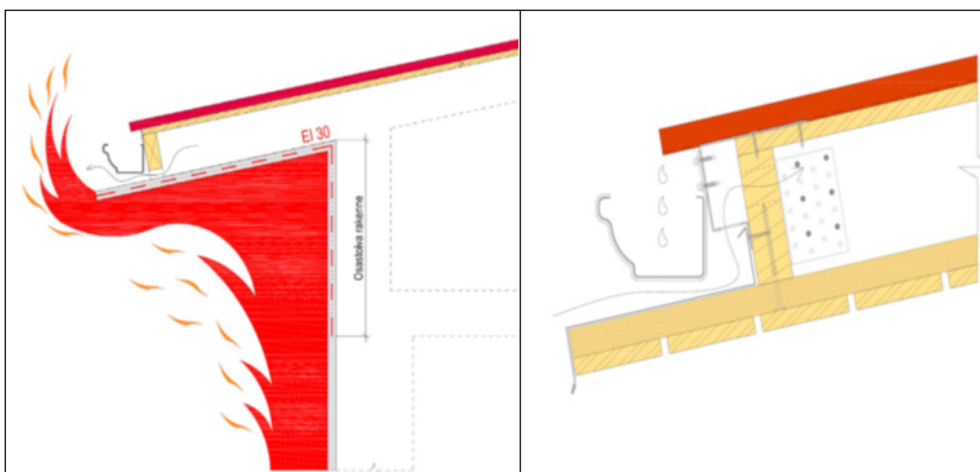
Jos palo pääsee etenemään räystäään alle tuuletusraon tai julkisivupinnan kautta, tai suoraan ikkunasta, on erittäin tärkeää saada estettyä palon leviäminen ullakolle tai yläpohjan onteloihin. Tätäkin on tutkittu [23] ja jatkokehityksenä on esitetty tuulettuvaa rakennetta [24], jossa räystäään alapintana on EI 30 rakenne (Kuva 13).

Jos räystääs on täysin suljettu, voidaan käyttää myös sulkeutuvia venttiileitä silloin kun niiden

toiminta on varmistettu seuraavasti [24]: Laitte täyttää EI 30 vaatimukset ja on osoitettu, että tulipalon alkutilannetta vastaavat liekit eivät levitä paloa laitteen läpi tai laite asennetaan siten, että ullakon ontelon puolella laitteeseen liittyvät pinnat ovat vähintään B-s<sub>1</sub>, do luokan materiaalia vähintään yhden metrin etäisyydellä laitteesta.



**Kuva 12.** Tuuletusraossa palon rajoittamiseen/pysäyttämiseen tarkoitettuja tuotteita: Reikäpelti ja onteloventtiili.



**Kuva 13.** Palon leviämisen estäminen räystäään alta ullakolle Puuinfon teknisen tiedotteen mukaan [25].

### 3.3.2 Parvekkeet

Parvekkeita käytetään yleensä varateinä 3-8 kerroksisissa asuinrakennuksissa. Poistumisturvallisuuden kannalta tästä seuraa muutamia keskeisiä asioita:

- Parvekkeella käytetään automaattista sammutusta.
- Parvekelaatta tulee olla tiivistä asennettuna seinää vasten, jotta palo ei pääse sitä kautta etenemään ylöspäin.
- Parvekelaatan alapinnan sekä parvekkeen seinien pintaluokka on vähintään B-s2, do.
- Pilareita ja palkkeja ei tarvitse suojaverhota (huom. tämä on toiminnallinen ratkaisu perustuen automaattisen sammutuslaitteiston käyttöön ja pintakerrosvaatimuksiin).
- Puuinfon teknisestä tiedotteesta ”Parveke ja luhtikäytävä (3-8/P2)” löytyy lisätietoa [26].

### 3.3.3 Puun käyttö uloskäytävillä

Uloskäytävien seinien ja kattojen pintakerrosvaatimus on A2-s1, do. P2 luokan rakennuksessa ei edes vähäisiä osia seinä- ja kattopinnoista voi verhota B-s1, do luokan tarvikkeilla kuten P1 luokan rakennuksessa. Vain ovien, käsijohteiden, jalkalistojen ja vastaavien suhteen on mahdollista käyttää puuta. Tämä on hyvin tiukka vaatimus ottaen huomioon, että yli kaksikerroksisissa P2 luokan rakennuksissa on myös automaattinen sammutuslaitteisto porrashuoneessa.

Aikaisemmin määräykset ovat olleet lievempiä uloskäytävien suhteen:

- Vuosina 2002 – 2010 on P2 luokan rakennuksessa (korkeintaan 4 kerrosta) on voinut olla uloskäytävien kaikki seinä- ja kattopinnat B-s1, do luokkaa.
- Ennen vuotta 2002 kaikkien paloluokkien rakennuksissa (myös P1 luokan rakennukset, joissa ei ole automaattista sammutuslaitteistoa) uloskäytävien seinien ja kattojen vaatimuksena on ollut 1/I, mikä vastaa nykyistä luokkaa B-s1, do.

Koska uloskäytävien pintakerrosvaatimusten kiristyminen ei ole tietävästi johtunut onnettomuustapauksista tai vaaratilanteista, voidaan toiminnallisessa palomitoituksessa (kohdekohtaisesti perustellen) käyttää porrashuoneessa rajallisessa määrin ainakin B-s1, do luokan (=palsuojattua puuta) pintoja.

### 3.3.4 Detaljiratkaisuista

Talotekniikan läpivientien ja asennusten toteutuksessa on varmistettava, että kantavien rakenteiden suojaverhoksen toimivuus ei vaarannu eikä palo pääse leviämään mahdollisiin onteloihin. Seinä- ja välipohjarakenteiden detaljeja koskevia kriittisiä kohteita ovat ainakin:

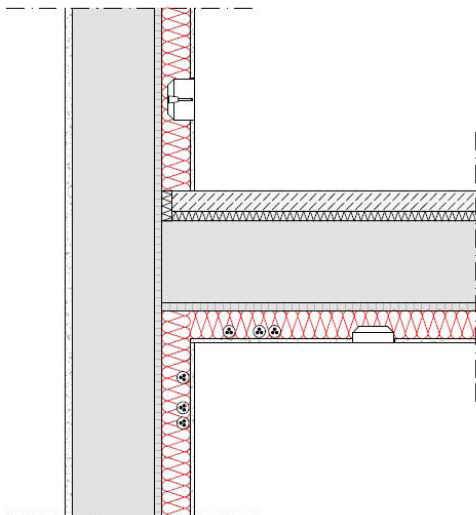
- kanavat (ilmanvaihto jne.)
- putket (vesi, viemäri)
- sähköasennukset ja kaapeloinnit
- kaikki muut läpiviennit.

Detaljien oikeassa toteutuksessa on tarkoituksena estää palon leviäminen kantaviin rakenteisiin erilaisten onteloiden, piilotilojen, asennuksien sisältämien palavien komponenttien jne. kautta.

Läpivienneille on olemassa erilaisia tuotetyyppikohtaisia palokatkotuotteita. Aina ei ole kuitenkaan käytettävissä juuri sopivia tuotteita. Tällöin voidaan esimerkiksi sähköasennusten yhteydessä suojata kantavia rakenteita kipsilevyn ja mineraalivillan avulla (Kuva 14). Periaatteena on, että kantavaa rakennetta suojaa verhous, jonka päälle asennukset tehdään. Tyhjiä onteloita suojaverhouksen ja suojattavan rakenteen välissä ei ole.

Ontelot ovat aina ongelmallisia läpivientien kannalta. Jos onteloita jää rakenteisiin rakennusfysikaalisten tai rakennusteknisten perusteiden takia, tulee pystysuuntaiset ontelot katkaista kerroksittain ja vaakasuunnassa vähintään palo-osastoittain.

Suojaukseen käytettävien rakennusosien saumat ja nurkkaliitokset tulee aina varmistaa siten, että niiden takana on kiinnitystuki (puusoiro tai vastaava). Käytettäessä kahta kipsilevykerrosta saumat tulee limittää valmistajan ohjeiden mukaisesti.



**Kuva 14.** Esimerkki kipsilevyn ja mineraalivillan käytöstä sähköasennuksissa [1].

### 3.3.5 Rakentamisen ja käytön aikana huomioitavaa

#### 3.3.5.1 Paloturvallisuus rakentamisen aikana

Rakentamisen aikainen paloturvallisuus on puukerrostalojen osalta vähintään yhtä tärkeässä asemassa kuin muunkin rakentamisen osalta. Tulityöt ovat kaikkein keskeisempiä ja niitä koskevia ohjeita tulee noudattaa. Seuraavassa on ohjeista poimittuna muutamia keskeisiä asioita:

- Tulitöissä noudatettava voimassa olevia suojeluohjeita
- Jokaisella tulitöitä tekevällä työntekijällä on oltava voimassaoleva tulityökortti
- Tulitöiden tarkastuslista / tulityölupa on täytettävä ennen töiden aloittamista

- Asianmukainen sammutuskalusto oltava käytössä
- Jälkivartiointia ei saa unohtaa.

Herkästi syttyvien tuotteiden ja pakkausmateriaalien riskeihin tulee varautua järjestämällä varastointipaikat ja minimoimalla varastointiaikaa. On syytä muistaa, että myös palamattomat eristeet voivat kyteä.

Puurakenteiden ja puupintojen suhteen tarvitaan ohjeistamista sille ajalle, jolloin suojaverhoukset eivät ole asennettuna ja automaattinen sammutuslaitteisto ei ole vielä toimintavalmiina.

### 3.3.5.2 Palosuojakäsiteltyjen puupintojen pitkäaikaiskestävyys

Sisäkäytössä palokäsiteltyjen puutuotteiden osalta ei ole pitkäaikaiskestävyyteen liittyviä erityispiirteitä. Toisin on ulkokäytössä, jossa tuote voi altistua suoraan auringolle ja vedelle. Tältä osin suositellaan pitkäaikaiskestävyyden osoittamista menetelmällä CEN/TS 15912 [27]. Huolto-ohjelmaan suositellaan sisällytettäväksi seuraavat kohdat:

- Palosuojattujen pintojen ja tarvikkeiden yksilöinti sekä niiden käsittelymenetelmät
- Ensimmäisen huollon ajankohta ja huollon toimenpiteet
- Seuraavien huoltojen aikaväli.

Huolto-ohjeen mukaiseksi uusintakäsittelyksi riittää julkisivun ulkopinnan käsittely valmistajan ohjeen mukaisesti. Tämä perustuu siihen, että palosuoja-aineen pitkäaikaiskestävyyteen ratkaisevasti vaikuttavia tekijöitä ulko-olosuhteissa ovat suora altistus sadevedelle ja UV säteilylle.

## Lähteet

1. Östman, Birgit; Mikkola, Esko; Stein, René; Frangi, Andrea; König, Jürgen; Dhima, Dhi-onis; Hakkarainen, Tuula; Bregulla, Julie. 2010. Fire safety in timber buildings - Technical guideline for Europe, SP Technical Research Institute of Sweden. SP Report 2010: 19.
2. Mikkola, E. Puun hiiltyminen. VTT Tutkimuksia 689, 1990.
3. SFS-EN 13501-1. Rakennustuotteiden ja rakennusosien paloluokitus. Osa 1: Palokäyttäytymiskokeiden tuloksiin perustuva luokitus. SFS 2009.
4. Mikkola, E. 1989. Puupinnan syttyminen. VTT, Espoo. VTT Tiedotteita 1057. 48 s.
5. Hakkarainen, T., Mikkola, E. Palosuojattujen puutuotteiden palokäyttäytymisen arviointi. VTT. [http://www.pelastusopisto.fi/download/38430\\_Palosuojattujen\\_puutuotteiden\\_palo\\_kayttaytymisen\\_arviointi.pdf](http://www.pelastusopisto.fi/download/38430_Palosuojattujen_puutuotteiden_palo_kayttaytymisen_arviointi.pdf).
6. Östman, Birgit; Tsantaridis, Lazaros; Mikkola, Esko; Hakkarainen, Tuula; Belloni, Kaisa; Brumer, Harry; Piispanen, Peter. Innovative ecoefficient high fire performance wood products for demanding applications. 2006. Final report for Vinnova Tekes project InnoFire-Wood. Stockholm, SP Wood Technology. 98 s. SP Swedish National Testing and Research Institute, Report; 30.
7. SFS-EN 1995-1-2 Eurokoodi 5. Puurakenteiden suunnittelu. Osa 1-2: Yleistä. Puurakenteiden palomitoitus. SFS 2004.
8. SFS-EN 13501-2. Rakennustuotteiden ja rakennusosien paloluokitus. Osa 2: Palonkestävyyskokeiden tuloksiin perustuva luokitus lukuun ottamatta ilmanvaihtolaitteita. SFS 2010.
9. SFS-EN 1363-1. Fire resistance tests. Part 1: General Requirements. SFS 2012.
10. SFS-EN 1365-1. Kantavien rakenteiden palonkestävyydestit. Osa 1. Seinät. SFS 2013.
11. SFS-EN 1365-2. Kantavien rakenteiden palonkestävyydestit. Osa 2: Väli- ja yläpohjat. 2000.
12. Kansallinen liite standardiin SFS-EN 1995 Eurokoodi 5: Puurakenteiden suunnittelu. Osa 1-2: Yleistä. Rakenteiden palomitoitus. Ympäristöministeriön asetus Eurocode -standardien soveltamisesta talonrakentamisessa.
13. SFS-EN 14135: 2004. Coverings - Determination of fire protection ability. CEN 2004.
14. E1 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennusten paloturvallisuus. Määräykset ja ohjeet 2011. Helsinki. Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. 43 s.

15. Mikkola, Esko; Karhula, Teemu; Grönberg, Peter; Ryyänen, Joonas. 2010. Yksinkertaiset vaatimukset P2-paloluokan asuin- ja työpaikkakerrostalon palo-osaston kantavien rakenteiden suojuukselle ja toiminnallisen palomitoituksen ohjeiden selkeytys. Tutkimusraportti VTT-R-07556 -10.
16. SFS 5980 Asuntosprinklerilaitteistot. Osa 1. Suunnittelu, asentaminen ja huolto (INSTA 900-1:2009).
17. SFS-EN 12845+A2. Kiinteät palonsammutusjärjestelmät. Automaattiset sprinklerilaitteistot. Suunnittelu, asennus ja huolto.
18. Puukerrostalon palosuunnitteluohje - toiminnallinen suunnittelu. Finnish Wood Research Oy, Palotekninen Insinööritoimisto Markku Kauriala Oy. 28.8.2015.
19. Hietaniemi J., Mikkola E. Design fires for fire safety engineering, VTT Working papers 139, 2010.
20. SIS-TS 24833:2014/INSTA TS 950 (2014) Fire Safety Engineering – Comparative method to verify fire safety design in buildings.
21. Hakkarainen, T. and Oksanen, T. Fire Safety Assessment of Wooden Facades. Fire and Materials, 26, s. 7-27, 2002.
22. Korhonen, Timo & Hietaniemi, Jukka. Puujulkisivujen paloturvallisuus lähiökerrostaloissa. VTT Tiedotteita 2253.
23. Hietaniemi, J., Hakkarainen, T., Huhta, J., Jumppanen, U-M., Kouhia, I., Vaari, J. & Weckman, H. Ontelotilojen paloturvallisuus. Ontelopalojen leviämisen katkaiseminen. Espoo 2003. VTT Tiedotteita 2202. 168 s. + liitt. 52 s.
24. P Mikkola, Esko. 2012. Palon leviämistä estävät räystäät, VTT. 12 s. Tutkimusraportti, VTT-R-06706-12.
25. Puuinfo, Tekninen tiedote, 31.3.2016. Paloräystä.
26. Puuinfo, Tekninen tiedote, 4.6.2013. Parveke ja luhtikäytävä (3-8/P2).
27. CEN/TS 15912. Durability of reaction to fire performance – Classes of fire retardant treated wood-based products in interior and exterior end use applications. CEN 2012.

## LIITE 1. TESTAAMATTA LUOKITELTAVAT PUUTUOTTEET

Seinissä, sisäkatoissa ja lattianpäällysteinä käytettävien tuotteiden paloteknisen käyt-  
tämisen luokitukset

### Rakennesahatavara

KOMISSION PÄÄTÖS 2003/593/EY. Euroopan unionin virallinen lehti. 8.8.2003. L 201/25.

	Tuotekohtaiset tiedot	Keskitiheys <sup>(1)</sup> vähintään (kg/m <sup>3</sup> )	Kokonais- paksuus vähintään (mm)	Luokka <sup>(2)</sup> (lukuun otta- matta lattianpäällys- teitä)
Rakennesahatavara	Visuaalisesti tai koneellisesti lajiteltu poikki- leikkaukseltaan suorakaiteen muotoinen saha- tavara, joka on valmistettu sahaamalla, höyläämällä tai muulla tavalla, tai pyöreää sahatavara	350	22	D-s2, d0

<sup>(1)</sup> Sovelletaan kaikkiin tuotestandardien puulajeihin.

<sup>(2)</sup> Luokat on annettu päätöksen 2000/147/EY liitteen taulukossa 1.

<sup>(3)</sup> Määrittely standardin EN 13238 mukaisesti."

### Liimapuu

KOMISSION PÄÄTÖS 2005/610/EY. Euroopan unionin virallinen lehti. 11.8.2005. L 208/21.

Materiaali	Tuotekohtaiset tiedot	Keskitiheys vähintään <sup>(2)</sup> (kg/m <sup>3</sup> )	Kokonaispaksuus vähintään (mm)	Luokka <sup>(3)</sup>
Liimapuu	Standardin EN 14080 mukaiset liimapuu- tuotteet	380	40	D-s2, d0

<sup>(1)</sup> Sovelletaan kaikkiin tuotestandardin kattamiin puulajeihin ja liimoihin.

<sup>(2)</sup> Määrittely standardin EN 13238 mukaisesti.

<sup>(3)</sup> Luokat on annettu päätöksen 2000/147/EY liitteen taulukossa 1.



## Puupaneloinnit ja -verhoukset

KOMISSION PÄÄTÖS 2006/213/EY. Euroopan unionin virallinen lehti. 16.3.2006. L 79/27.

Materiaali <sup>(1)</sup>	Tuotetiedot <sup>(2)</sup>	Keskimääräinen tiheys vähintään <sup>(9)</sup> (kg/m <sup>3</sup> )	Vähimmäispaksuudet, kokonais/vähintään <sup>(7)</sup> (mm)	Loppukäyttö <sup>(4)</sup>	Luokka <sup>(3)</sup>
Paneloinnit ja verhoukset <sup>(1)</sup>	Laudat pontin ja uran kanssa tai ilman, profiloitu tai profiloimaton pinta	390	9/6	Taakse ei jätetä ilmarakoa tai taakse jätetään suljettu ilmarako	D - s2, d2
			12/8		D - s2, d0
Paneloinnit ja verhoukset <sup>(2)</sup>	Laudat pontin ja uran kanssa tai ilman, profiloitu tai profiloimaton pinta	390	9/6	Taakse jätetään avoin ilmarako ≤ 20 mm	D - s2, d0
			18/12	Taakse ei jätetä ilmarakoa tai taakse jätetään avoin ilmarako	
Puuritiläelementit <sup>(8)</sup>	Tukikehikolle asennetut laudat <sup>(9)</sup>	390	18	Jätetään kaikilta sivuilta avoimeksi <sup>(10)</sup>	D - s2, d0

<sup>(1)</sup> Asennetaan mekaanisesti puukoolaukselle siten, että ontelo suljetaan tai täytetään vähintään luokkaan A2 - s1, d0 kuuluvalla materiaalilla, jonka vähimmäistiheys on 10 kg/m<sup>3</sup>, tai se tiivistetään vähintään E-luokan puukuitueristemateriaalilla, jonka takana on höyrysulku tai ei ole höyrysulkua. Prutuote on suunniteltu asennettavaksi ilman avosauvoja.

<sup>(2)</sup> Asennetaan mekaanisesti puukoolaukselle siten, että taakse jätetään avoin ilmarako tai ei jätetä avointa ilmarakoa. Puutuote on suunniteltu asennettavaksi ilman avosauvoja.

<sup>(3)</sup> Luokista säädetään päätöksen 2000/147/EY liitteen taulukossa 1.

<sup>(4)</sup> Tuotteen takapinnan tuulettuminen on mahdollista jos ilmarako on avoin, kun taas tällainen tuulettuminen ei ole mahdollista jos ilmarako on suljettu. Ilmarakon takana olevan alustan on kuuluttava vähintään luokkaan A2 - s1, d0, ja sen vähimmäistiheyden on oltava 10 kg/m<sup>3</sup>. Jos vaakalauoituksen takana oleva suljettu ilmarako on enintään 20 mm, alusta voi kuulua vähintään luokkaan D - s2, d0.

<sup>(5)</sup> Saumat voivat olla minkätyyppisiä tahansa, ts. puskusauvoja tai ponttisauvoja.

<sup>(6)</sup> Vakioitu standardin EN 13238 mukaisesti.

<sup>(7)</sup> Jäljempänä olevan kuvan a mukaisesti. Paneelin ulkopinnan profilointi voi olla enintään 20 % tasaisesta alasta tai 25 % silloin, kun sekä paneelin ulkopinta että takapinta mitataan. Puskusauvojen saumapintoihin sovelletaan suurempaa vähimmäispaksuutta.

<sup>(8)</sup> Suorakaiteen muotoiset laudat, joiden särmät ovat pyöristetetyt tai pyöristämättömät ja jotka on asennettu tukikehikolle vaaka- tai pystysuoraan ja jätetty kaikilta sivuilta avoimiksi ja joita käytetään yleensä muiden rakennuselementtien läheisyydessä sisällä ja ulkona.

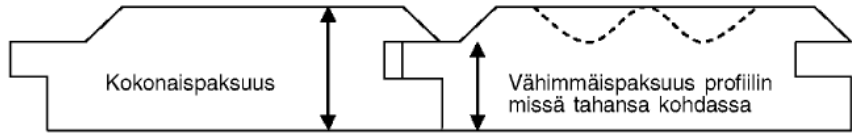
<sup>(9)</sup> Ulkopintojen ala (suorakaiteen muotoisten lautojen ja puisen tukikehikon kaikki sivut yhteensä) saa olla enintään 110 % tasopinnan kokonaisalasta, ks. jäljempänä oleva kuva b.

<sup>(10)</sup> Muiden rakennuselementtien, jotka sijaitsevat alle 100 mm:n etäisyydellä puuritiläelementistä (lukuun ottamatta tukikehikkoa), on kuuluttava vähintään luokkaan A2 - s1, d0, ja silloin kun ne sijaitsevat 100–300 mm:n etäisyydellä, niiden on kuuluttava vähintään luokkaan B - s1, d0, ja kun ne sijaitsevat yli 300 mm:n etäisyydellä, niiden on kuuluttava vähintään luokkaan D - s2, d0.

<sup>(11)</sup> Koskee myös portaita.

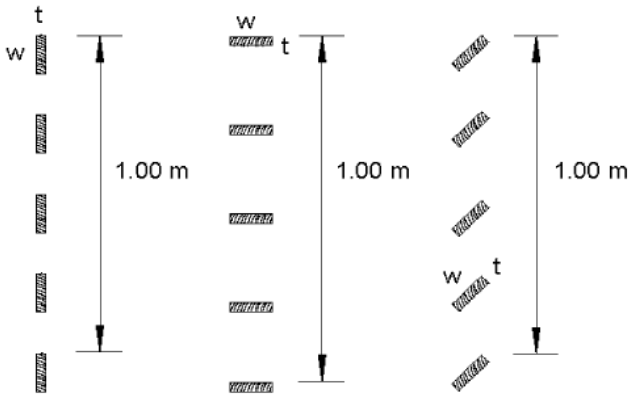
Kuva a

### Puupanelointien ja -verhouksien profiilit



Kuva b

### Puuritiläelementin ulkopintojen suurin sallittu ala $2n(t + w) + a \leq 1,10$



$n$  = lautojen lukumäärä / metri

$t$  = kunkin laudan paksuus metreinä

$w$  = kunkin laudan leveys metreinä

$a$  = puisen tukikehikon (jos käytetään) altistuvan ulkopinnan ala  $m^2$ :ä / puuritiläelementti- $m^2$

## Puupohjaiset levytuotteet

KOMISSION PÄÄTÖS 2007/348/EY. Euroopan unionin virallinen lehti. 23.5.2007. L 131/21.

Tuote	EN-tuotestandardi	Loppukäytön olosuhteet <sup>(6)</sup>	Vähimmäistiheys (kg/m <sup>3</sup> )	Vähimmäispaksuus (mm)	Luokka <sup>(7)</sup> (lukuun ottamatta lattianpäällysteitä)	Luokka <sup>(8)</sup> (lattianpäällysteet)
Sementtilastulevy <sup>(1)</sup>	EN 634-2	levyn taakse ei jätetä ilmarakoa	1 000	10	B-s1, d0	B <sub>fl</sub> -s1
Kuitulevy, kova <sup>(1)</sup>	EN 622-2	puupohjaisen levyn taakse ei jätetä ilmarakoa	900	6	D-s2, d0	D <sub>fl</sub> -s1
Kuitulevy, kova <sup>(3)</sup>	EN 622-2	puupohjaisen levyn taakse jätetään suljettu ilmarako, joka on enintään 22 mm	900	6	D-s2, d2	—
Lastulevy <sup>(1)</sup> , <sup>(2)</sup> , <sup>(5)</sup>	EN 312	puupohjaisen levyn taakse ei jätetä ilmarakoa	600	9	D-s2, d0	D <sub>fl</sub> -s1
Kuitulevy, kova ja puolikova <sup>(1)</sup> , <sup>(2)</sup> , <sup>(5)</sup>	EN 622-2 EN 622-3					
MDF-levy <sup>(1)</sup> , <sup>(2)</sup> , <sup>(5)</sup>	EN 622-5					
OSB-levy <sup>(1)</sup> , <sup>(2)</sup> , <sup>(5)</sup>	EN 300					
Vaneri <sup>(1)</sup> , <sup>(2)</sup> , <sup>(5)</sup>	EN 636	"-"	400	9	D-s2, d0	D <sub>fl</sub> -s1
Liimapuulevy <sup>(1)</sup> , <sup>(2)</sup> , <sup>(5)</sup>	EN 13353			12		
Pellavakuitulevy <sup>(1)</sup> , <sup>(2)</sup> , <sup>(5)</sup>	EN 15197	"-"	450	15	D-s2, d0	D <sub>fl</sub> -s1
Lastulevy <sup>(3)</sup> , <sup>(5)</sup>	EN 312	puupohjaisen levyn taakse jätetään suljettu tai avoin ilmarako, joka on enintään 22 mm	600	9	D-s2, d2	—
Kuitulevy, kova ja puolikova <sup>(3)</sup> , <sup>(5)</sup>	EN 622-2 EN 622-3					
MDF-levy <sup>(3)</sup> , <sup>(5)</sup>	EN 622-5					
OSB-levy <sup>(3)</sup> , <sup>(5)</sup>	EN 300					
Vaneri <sup>(3)</sup> , <sup>(5)</sup>	EN 636	"-"	400	9	D-s2, d2	—
Liimapuulevy <sup>(3)</sup> , <sup>(5)</sup>	EN 13353			12		
Lastulevy <sup>(4)</sup> , <sup>(5)</sup>	EN 312	puupohjaisen levyn taakse jätetään suljettu ilmarako	600	15	D-s2, d0	D <sub>fl</sub> -s1
Kuitulevy, puolikova <sup>(4)</sup> , <sup>(5)</sup>	EN 622-3					
MDF-levy <sup>(4)</sup> , <sup>(5)</sup>	EN 622-5					
OSB-levy <sup>(4)</sup> , <sup>(5)</sup>	EN 300					
Vaneri <sup>(4)</sup> , <sup>(5)</sup>	EN 636	"-"	400	15	D-s2, d1	D <sub>fl</sub> -s1
Liimapuulevy <sup>(4)</sup> , <sup>(5)</sup>	EN 13353				D-s2, d0	
Pellavakuitulevy <sup>(4)</sup> , <sup>(5)</sup>	EN 15197	"-"	450	15	D-s2, d0	D <sub>fl</sub> -s1

Tuote	EN-tuotestandardi	Loppukäytön olosuhteet <sup>(6)</sup>	Vähimmäistiheys (kg/m <sup>3</sup> )	Vähimmäispaksuus (mm)	Luokka <sup>(7)</sup> (lukuun ottamatta lattianpäällysteitä)	Luokka <sup>(8)</sup> (lattianpäällysteet)
Lastulevy <sup>(4)</sup> , <sup>(5)</sup>	EN 312	puupohjaisen levyn taakse jätetään avoin ilmarako	600	18	D-s2, d0	D <sub>fl</sub> -s1
Kuitulevy, puolikova <sup>(4)</sup> , <sup>(5)</sup>	EN 622-3					
MDF-levy <sup>(4)</sup> , <sup>(5)</sup>	EN 622-5					
OSB-levy <sup>(4)</sup> , <sup>(5)</sup>	EN 300					
Vaneri <sup>(4)</sup> , <sup>(5)</sup>	EN 636	-"	400	18	D-s2, d0	D <sub>fl</sub> -s1
Liimapuulevy <sup>(4)</sup> , <sup>(5)</sup>	EN 13353					
Pellavakuitulevy <sup>(4)</sup> , <sup>(5)</sup>	EN 15197	-"	450	18	D-s2, d0	D <sub>fl</sub> -s1
Lastulevy <sup>(5)</sup>	EN 312	kaikki	600	3	E	E <sub>fl</sub>
OSB-levy <sup>(5)</sup>	EN 300					
MDF-levy <sup>(5)</sup>	EN 622-5	-"	400	3	E	E <sub>fl</sub>
			250	9	E	E <sub>fl</sub>
Vaneri <sup>(5)</sup>	EN 636	-"	400	3	E	E <sub>fl</sub>
Kuitulevy, kova <sup>(5)</sup>	EN 622-2	-"	900	3	E	E <sub>fl</sub>
Kuitulevy, puolikova <sup>(5)</sup>	EN 622-3	-"	400	9	E	E <sub>fl</sub>
Kuitulevy, huokoinen	EN 622-4	-"	250	9	E	E <sub>fl</sub>

<sup>(1)</sup> Asennetaan ilman ilmarakoa suoraan vasten luokan A1 tai A2-s1, d0 tuotteita, joiden minimitiheys on 10 kg/m<sup>3</sup>, tai vasten vähintään luokan D-s2, d2 tuotteita, joiden minimitiheys on 400 kg/m<sup>3</sup>.

<sup>(2)</sup> Jos asennetaan suoraan vasten puupohjaista levyä, alustana voi olla vähintään E-luokan puukuitueristemateriaali, lattianpäällysteitä lukuun ottamatta.

<sup>(3)</sup> Asennetaan siten, että taakse jää ilmarako. Ontelon vastaosan on oltava vähintään luokan A2-s1, d0 tuote, jonka vähimmäistiheys on 10 kg/m<sup>3</sup>.

<sup>(4)</sup> Asennetaan siten, että taakse jää ilmarako. Ontelon vastaosan on oltava vähintään luokan D-s2, d2 tuote, jonka vähimmäistiheys on 400 kg/m<sup>3</sup>.

<sup>(5)</sup> Vaneroidut, fenoli- ja melamiini-pinnoitetut levyt kuuluvat luokkaan, lattianpäällysteitä lukuun ottamatta.

<sup>(6)</sup> Puupohjaisen levyn ja alustan väliin voidaan asentaa höyrysulku, jonka paksuus on enintään 0,4 mm ja paino enintään 200 g/m<sup>2</sup>, silloin kun niiden välissä ei ole ilmarakoa.

<sup>(7)</sup> Luokat on annettu päätöksen 2000/147/EY liitteessä olevassa taulukossa 1.

<sup>(8)</sup> Luokat on annettu päätöksen 2000/147/EY liitteessä olevassa taulukossa 2."

## Puiset lattiapäällysteet

KOMISSION PÄÄTÖS 2006/213/EY. Euroopan unionin virallinen lehti. 16.3.2006. L 79/27.

Materiaali <sup>(1)</sup> (7)	Tuotetiedot <sup>(4)</sup>	Keskimääräinen tiheys vähintään <sup>(2)</sup> (kg/m <sup>3</sup> )	Kokonaispaksuus vähintään (mm)	Loppukäytön olosuhteet	Lattiapäällysteen luokka <sup>(3)</sup>
Puiset lattiapäällysteet ja parketit	Tammesta ja pyökistä valmistetut pinnoitetut lattiapäällysteet	Pyökki: 680 Tamm: 650	8	Liimataan alustalle <sup>(6)</sup>	C <sub>fl</sub> - s1
	Tammesta, pyökistä tai kuusesta valmistetut pinnoitetut lattiapäällysteet	Pyökki: 680 Tamm: 650 Kuusi: 450	20	Alle jätetään ilmarako tai alle ei jätetä ilmarakoa	
	Pinnoitetut puiset lattiapäällysteet, muut kuin edellä mainitut	390	8	Alle ei jätetä ilmarakoa	D <sub>fl</sub> - s1
Puuparketit	Pinnoitettu monikerros-parketti, jonka päällyskerros on tammesta ja vähintään 5 mm:n paksuinen	650 (päällyskerros)	10	Liimataan alustalle <sup>(6)</sup>	C <sub>fl</sub> - s1
			14 <sup>(2)</sup>	Alle jätetään ilmarako tai alle ei jätetä ilmarakoa	
	Pinnoitettu monikerros-parketti, muu kuin edellä mainittu	500	8	Liimataan alustalle	D <sub>fl</sub> - s1
			10	Alle ei jätetä ilmarakoa	
			14 <sup>(2)</sup>	Alle jätetään ilmarako tai alle ei jätetä ilmarakoa	
	Viilutetut lattiapäällysteet	Pinnoitetut viilutetut lattiapäällysteet	800	6 <sup>(2)</sup>	Alle ei jätetä ilmarakoa

<sup>(1)</sup> Asennus standardin EN ISO 9239-1 mukaisesti vähintään luokan D - s2, d0 alustalle, jonka vähimmäistiheys on 400 kg/m<sup>3</sup> tai joka asennetaan siten, että alle jätetään ilmarako.

<sup>(2)</sup> Vähintään 14 mm:n paksuisissa parkettituotteissa tai viilutetuissa lattiapäällysteissä voi olla vähintään E-luokan välikerros, jonka paksuus on enintään 3 mm, silloin kun alle ei jätetä ilmarakoa.

<sup>(3)</sup> Luokista säädetään päätöksen 2000/147/EY liitteen taulukossa 2.

<sup>(4)</sup> Pinnoitteiden tyypit ja määrät: akryyli, polyuretaani tai saippua, 50–100 g/m<sup>2</sup>, sekä öljy, 20–60 g/m<sup>2</sup>.

<sup>(5)</sup> Vakioitu standardin EN 13238 mukaisesti (50 % RH 23 °C).

<sup>(6)</sup> Alustan on kuuluttava vähintään luokkaan A2 - s1, d0.

<sup>(7)</sup> Koskee myös porrasaskelmia.

## Pinnoittamattomien puisten lattiapäällysteiden luokittelu

KOMISSION DELEGOITU ASETUS (EU) N:o 1292/2014. Euroopan unionin virallinen lehti.  
5.12.2014. L 349/27.

Tuote <sup>(1)</sup> (7)	Tuotetiedot <sup>(4)</sup>	Keskitiheys vähintään <sup>(5)</sup> (kg/m <sup>3</sup> )	Kokonaispaksuus vähintään (mm)	Loppukäytön olosuhteet	Lattiapäällysteen luokka <sup>(3)</sup>
Puinen lattiapäällyste	Puinen lattiapäällyste, mäntyä tai kuusta	Mänty: 480 Kuusi: 400	14	Alle ei jätetä ilmarakoa	D <sub>fi</sub> -s1
Puinen lattiapäällyste	Puinen lattiapäällyste, pyökkiä, tammaa, mäntyä tai kuusta	Pyökki: 700 Tammi: 700 Mänty: 430 Kuusi: 400	20	Alle jätetään ilmarako tai alle ei jätetä ilmarakoa	D <sub>fi</sub> -s1
Puuparketit	Puinen (yksikerroksinen) parketti, pähkinäpuuta	650	8	Liimataan alustalle <sup>(6)</sup>	D <sub>fi</sub> -s1
Puuparketit	Puinen (yksikerroksinen) parketti, tammaa, vaahteraa tai saarnea	Saarni: 650 Vaahtera: 650 Tammi: 720	8	Liimataan alustalle <sup>(6)</sup>	D <sub>fi</sub> -s1
Puuparketit	Monikerroksinen parketti, jonka ylin kerros tammaa, vähintään 3,5 mm	550	15 <sup>(2)</sup>	Alle ei jätetä ilmarakoa	D <sub>fi</sub> -s1
Puiset lattiapäällysteet ja parketit	Puiset lattiapäällysteet ja parketit, joita ei ole täsmennetty edellä	400	6	Kaikki	E <sub>fi</sub>

<sup>(1)</sup> Asennus standardin EN ISO 9239-1 mukaisesti vähintään luokan D-s2, d0 alustalle, jonka vähimmäistiheys on 400 kg/m<sup>3</sup> tai joka asennetaan siten, että alle jätetään ilmarako (vähimmäiskorkeus 30 mm).

<sup>(2)</sup> Mukaan voidaan lukea vähintään E<sub>fi</sub>-luokan välikerros, jonka enimmäispaksuus on 3 mm ja vähimmäistiheys 280 kg/m<sup>3</sup>.

<sup>(3)</sup> Luokat on annettu päätöksen 2000/147/EY liitteen taulukossa 2.

<sup>(4)</sup> Ilman pinnoitetta.

<sup>(5)</sup> Vakioitu standardin EN 13238 mukaisesti (suhteellinen kosteus 50 %, 23 °C).

<sup>(6)</sup> Alustan on kuuluttava vähintään luokkaan D-s2, d0.

<sup>(7)</sup> Koskee myös porrasaskelmia.

## LIITE 2 TESTAAMATTA LUOKITELTAVAT SUOJAJERHOUKSET

### Puutuotteet suojaerhouksina

KOMISSION DELEGOITU ASETUS (EU) N:o 1291/2014. Euroopan unionin virallinen lehti. 5.12.2014. L 349/25.

Tuote <sup>(1)</sup>	EN-tuote-standardi	Tuotetiedot <sup>(2)</sup>	Keskitiheys vähintään (kg/m <sup>3</sup> )	Vähimmäispaksuus (mm)	K-luokka <sup>(3)</sup>
Kovalevy	EN 13986	Pontin ja uran kanssa tai ilman <sup>(5)</sup>	800	9	K <sub>2</sub> 10 <sup>(4)</sup>
OSB-levy	EN 13986	Pontin ja uran kanssa tai ilman <sup>(6)</sup>	600	10	K <sub>2</sub> 10 <sup>(4)</sup>
Lastulevy	EN 13986	Pontin ja uran kanssa <sup>(7)</sup>	600	10	K <sub>2</sub> 10 <sup>(4)</sup>
Lastulevy	EN 13986	Pontin ja uran kanssa tai ilman <sup>(6)</sup>	600	12	K <sub>2</sub> 10 <sup>(4)</sup>
Vaneri	EN 13986	Pontin ja uran kanssa tai ilman <sup>(6)</sup>	450	12	K <sub>2</sub> 10 <sup>(4)</sup>
Puupaneelit	EN 13986	Pontin ja uran kanssa tai ilman <sup>(6)</sup>	450	12	K <sub>2</sub> 10 <sup>(4)</sup>
Lastulevy	EN 13986	Pontin ja uran kanssa <sup>(8)</sup>	600	25	K <sub>2</sub> 30
OSB-levy	EN 13986	Pontin ja uran kanssa <sup>(8)</sup>	600	30	K <sub>2</sub> 30
Vaneri	EN 13986	Pontin ja uran kanssa <sup>(8)</sup>	450	26	K <sub>2</sub> 30
Puupaneelit	EN 13986	Pontin ja uran kanssa <sup>(8)</sup>	450	26	K <sub>2</sub> 30
Puupaneelit	EN 13986	Pontin ja uran kanssa <sup>(9)</sup>	450	53	K <sub>2</sub> 60
Puupaneloinnit ja -verhoukset	EN 14915	Pontin ja uran kanssa <sup>(10)</sup>	450	15	K <sub>2</sub> 10 <sup>(4)</sup>
Puupaneloinnit ja -verhoukset	EN 14915	Pontin ja uran kanssa <sup>(10)</sup>	450	27	K <sub>2</sub> 30
Puupaneloinnit ja -verhoukset	EN 14915	Pontin ja uran kanssa <sup>(11)</sup>	450	2 × 27 <sup>(12)</sup>	K <sub>2</sub> 60

<sup>(1)</sup> Asennetaan suoraan alustalle ilman ilmarakoa.

<sup>(2)</sup> Liitokset, joissa on suorakulmaiset reunat tai ponttiprofiili ja sama paksuus kuin tuotteessa, ilman välejä.

<sup>(3)</sup> Luokka päätöksen 2000/367/EY mukaisesti.

<sup>(4)</sup> K<sub>1</sub> 10 alustoille ≥ 300 kg/m<sup>3</sup>

<sup>(5)</sup> Uppokantanaulan pituus vähintään 40 mm ja väli enintään 100 mm.

<sup>(6)</sup> Ruuvien pituus vähintään 30 mm ja väli enintään 200 mm.

<sup>(7)</sup> Ruuvien pituus vähintään 30 mm ja väli enintään 150 mm.

<sup>(8)</sup> Ruuvien pituus vähintään 50 mm ja väli enintään 200 mm.

<sup>(9)</sup> Ruuvien pituus vähintään 75 mm ja väli enintään 200 mm.

<sup>(10)</sup> Naulan pituus vähintään 60 mm ja väli enintään 600 mm.

<sup>(11)</sup> Naulan pituus vähintään 50 mm (kussakin kerroksessa) ja väli enintään 600 mm.

<sup>(12)</sup> Nämä kaksi kerrosta asennetaan niin, että kerrosten pitkittäissuunta on kohtisuorassa toisiinsa nähden.



## Liite 3. ESIMERKKEJÄ PUUKERROSTALORAKENTEISTA

### 1 PUUKUOKKA, JYVÄSKYLÄ

Kohde koostuu kolmesta asuinrakennuksesta ja on korkeimmillaan kahdeksankerroksinen (ensimmäisenä rakennettu osa). Kellari ja ensimmäisen kerroksen varastotilat ovat betonirakenteisia. Kerroksen 1 asuinhuoneistot ja kerrokset 2...8 ovat puurakenteisia (CLT). Toiminnallisella palomitoituksella on varmistettu autokellarin sprinklaamattomuuden perusteet, autohallin savunpoiston toimivuus sekä puujulkisivun paloturvallisuus osittain avoimen autohallin tulipalossa.



Kuva L3-1. Puukuokan puujulkisivuja. (Kuvat Mikko Auerniitty)

Rakennukset on kellaria lukuun ottamatta varustettu automaattisella sammutuslaitteistolla. Kellarin jättäminen suojaamatta sprinklauksella on perusteltu toiminnallisen palomitoituksen raportissa. Autohalli on varustettu autohalliin soveltuvalla savuun perustuvalla automaattisella paloilmoinnilla.

Rakennuksen sisäpuoliset pinnat on varustettu palo-osaston kantamattomia sisäisiä väliseiniä lukuun ottamatta A2-s1, d0 luokan tarvikkeista tehdyllä K<sub>2</sub>30 luokan suojaverhouksella. Poikkeamana tähän on huoneiston katon suojaverhouk, joka on toteutettu käyttäen alakattoa CLT levyä.

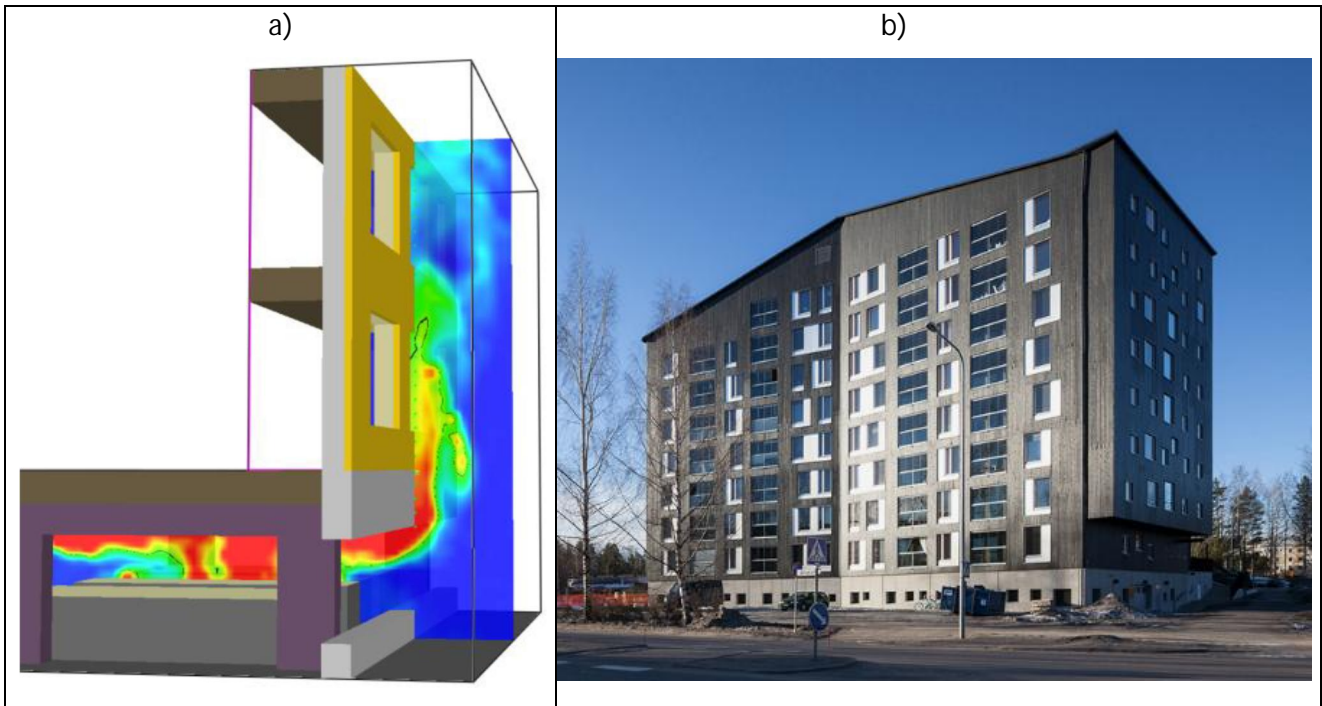


Kuva L3-2. Puukuokan sisätiloja, joissa alakattoja CLT levy. (Kuvat Mikko Auerniitty)

Julkisivulla käytetään puuverhoilua alinta kerrosta (autohallikerros alla olevassa kuvassa) lukuun ottamatta. Autohallipalon riskit on erikseen tutkittu simuloimalla ja todettu, että palo ei leviä vaaraa



aiheuttavalla tavalla. Autohallipalosta aiheutuva palorasitus julkisivulla on määräyksistä kokeellisen tiedon avulla pääteltävää sallittua palorasitusta pienempi, joten puuverhoilun käyttö autohallikerroksen yläpuolisessa julkisivussa on mahdollista.



Kuva L3-3. a) Autohallipalon simulointikuva. b) Autohallikerroksessa palamaton julkisivupinta ja ylempänä puuta (Kuva Mikko Auerniitty).

## 2 ESKOLANTIE, HELSINKI

Eskolantiellä on neljä erillistä rakennusta, joissa on viidestä seitsemään puurunkoista (CLT) asunokerrosta.

Rakennuksen sisäpuoliset pinnat on varustettu palo-osaston kantamattomia sisäisiä väliseiniä lukuun ottamatta A2-s1, d0 luokan tarvikkeista tehdyllä K<sub>2</sub>30 luokan suojaverhouksella. Tässäkin tapauksessa poikkeamana on huoneiston katon suojaverhous, joka on toteutettu käyttäen alakattona CLT levyä.

Julkisivujen puuverhoilu on toteutettu rakennusmääräysten mukaisin ehdoin.



**Kuva L3-4.** Eskolantien rakennusten julkisivuja, terassi ja sauna. ( Kuvat: Tuomas Uusheimo)

### 3 SEINÄJOEN MÄIHÄ

Kohteen rakennuksessa on viisi puurunkoista (CLT) asuntokerrosta. Rakennuksen sisäpuoliset pinnat on varustettu palo-osaston kantamattomia sisäisiä väliseiniä lukuun ottamatta A2-s1, d0 luokan tarvikkeista tehdyllä K<sub>2</sub>30 luokan suojaverhouksella. Tässäkin tapauksessa poikkeamana on huoneiston katon suojaverhous, joka on toteutettu käyttäen alakattona CLT levyä.

Porrassyöksyt ja -tasanteet (portaisen yläpintaa lukuun ottamatta) sekä kaiteet on tehty B-s1, d0 luokkaan palosuojatusta CLT:stä. Osassa porrashuoneen seiniä ja porrashuoneeseen liittyvän käytävän seiniä on B-s1, d0 luokkaan palosuojakäsiteltyä puuta.

Julkisivujen puuverhoilu on toteutettu rakennusmääräysten mukaisin ehdoin.



Kuva L3-5. Seinäjoen Mäihän julkisivu- ja porrashuonekuvia. (Kuvat: Mikko Auerniitty)

## Liite 4. TAUSTATIETOJA TOIMINNALLISEEN PALOTURVALLISUUSTARKASTELUUN JA TUOTEKEHITYKSEEN

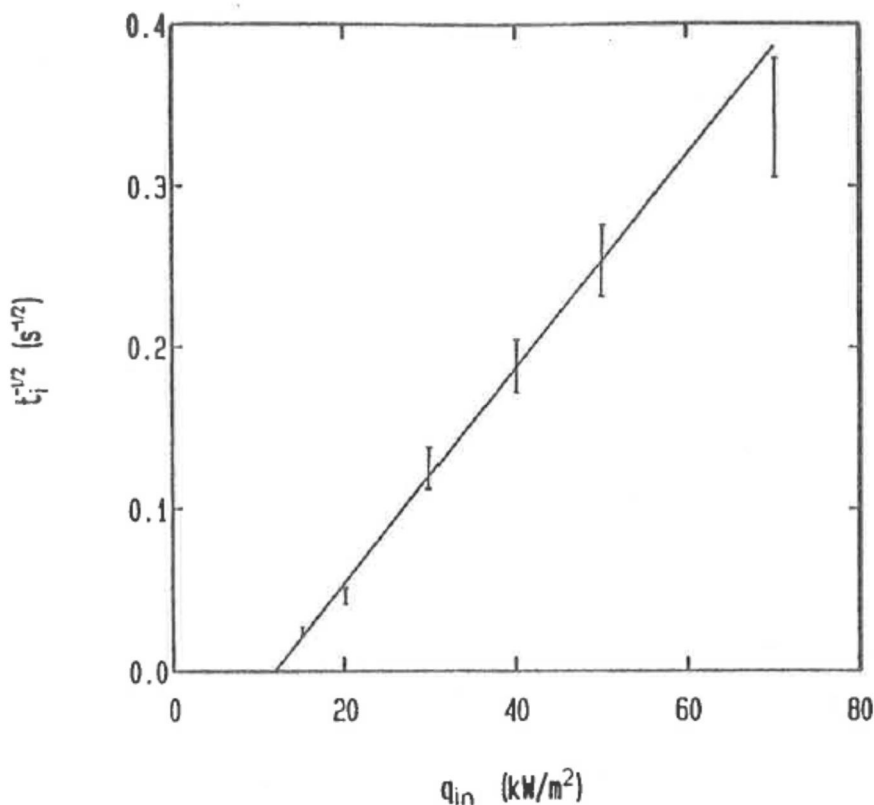
Seuraavassa esitetään lyhyesti puutuotteiden syttymisen, lämmöntuoton ja hiiltymisnopeuden riippuvuuksia eri parametreista sekä palosuojakäsittelyn vaikutuksia hiiltymisnopeuteen. Näitä voidaan käyttää sekä toiminnallisessa palomitoituksessa lähtötietoina ja eri tuotteiden välisen vertailun apuna sekä tuotekehityksessä työkaluina haluttuun paloluokitukseen pyrittäessä.

### 1 SYTTYMISEN RIIPPUUUS LÄMPÖSÄTEILYSTÄ

Termisesti paksujen puutuotteiden (paksuus vähintään 10 – 15 mm) syttymisaika  $t_i$  on kääntäen verrannollinen pintaan kohdistuvan säteilyvuon tiheyden nettoarvon  $q_{in} - q_{out}$  [L4-1] toiseen potenssiin

$$t_i \sim 1/(q_{in} - q_{out})^2$$

Tästä riippuvuudesta esimerkkinä on kuvassa L4-1 esitetty kuusinäytteen syttymisajan käänteisarvon neliöjuuri säteilyvuon funktiona. Kuvasta nähdään, että pintaan kohdistuvan säteilyvuon minimiarvo, jolla syttyminen voi tapahtua on noin 12 kW/m<sup>2</sup>. Tämä on puutuotteille tyypillinen arvo.



Kuva L4-1. Syttymisajan käänteisarvon neliöjuuri ulkoisen säteilyn intensiteetin funktiona termisesti paksulle kuusinäytteelle [L4-1].

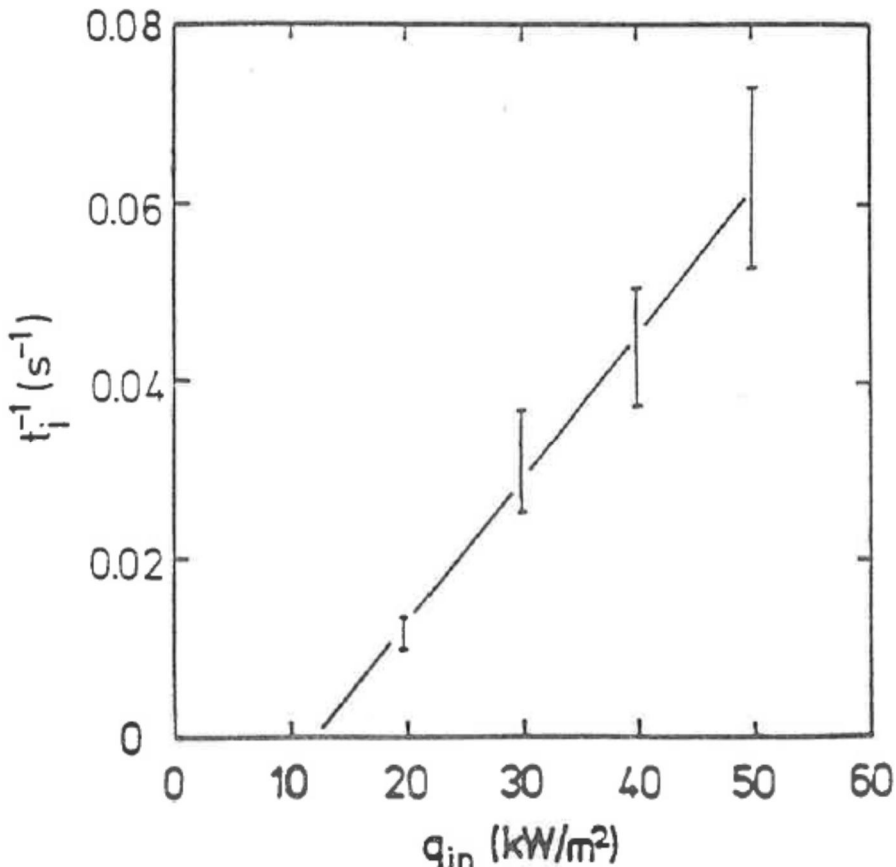
Kun ulkoisen säteilyn intensiteetti on 50 kW/m<sup>2</sup>, syttymisajat puutuotteille vaihtelevat 15 - 40 sekunnin välillä riippuen puutuotteen tiheydestä (kun  $\rho$  vähintään noin 400 kg/m<sup>3</sup>) silloin kun ollaan normaaleissa kosteustiloissa (noin 8 – 10 %).



Termisesti ohuita ovat korkeintaan muutaman millin paksuiset puutuotteet (kun niiden takana on lisäksi eristävää materiaalia). Näille tuotteille pätee seuraava yhtälö syttymisajan ja säteilyvuon nettoarvon välillä:

$$t_i \sim I / (q_{in} - q_{out}).$$

Tästä riippuvuudesta on esimerkkinä kuvassa L4-2 esitetty kuusinäytteen syttymisajan käänteisarvo säteilyvuon funktiona. Syttymisen mahdollistava säteilyvuon minimiarvo on edellisen esimerkin tapaan noin 12 kW/m<sup>2</sup>.



Kuva L4-2. Syttymisajan käänteisarvo ulkoisen säteilyn intensiteetin funktiona termisesti ohuelle kuusinäytteelle[L4-1].

## 2 PUUN KOSTEUDEN VAIKUTUS SYTTYMISEEN

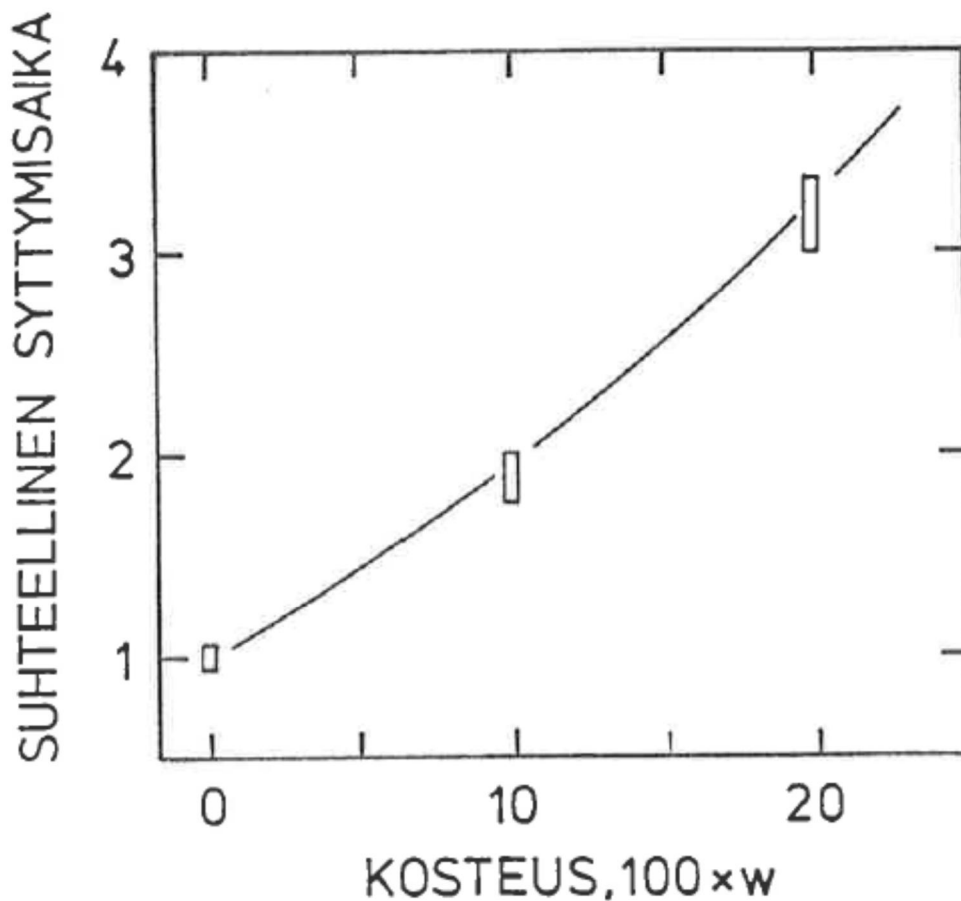
Termisesti paksun puutuotteen syttymisaika riippuu tuotteen suhteellisesta kosteudesta seuraavasti [L4-1]:

$$t_i \sim (I + 4w)^2$$

missä  $w$  on dimensioton suhteellinen kosteus (=kosteusprosentti/100). Termisesti ohuille puutuotteille (kun paksuus korkeintaan muutama millimetri) vastaava riippuvuus on seuraava [L4-1]:

$$t_i \sim (I + 6w).$$

Kuvassa L4-3 on esitetty termisesti paksun kuusinäytteen tapauksessa syttymisajan suhteellinen muutos puutuotteen kosteuden funktiona.



Kuva L4-3. Suhteellinen syttymisaika kosteuden funktiona termisesti paksulle kuusinäytteelle[L4-1].

### 3 KOSTEUDEN VAIKUTUS LÄMMÖNTUOTTOON JA HIILTYMISNOPEUTEEN

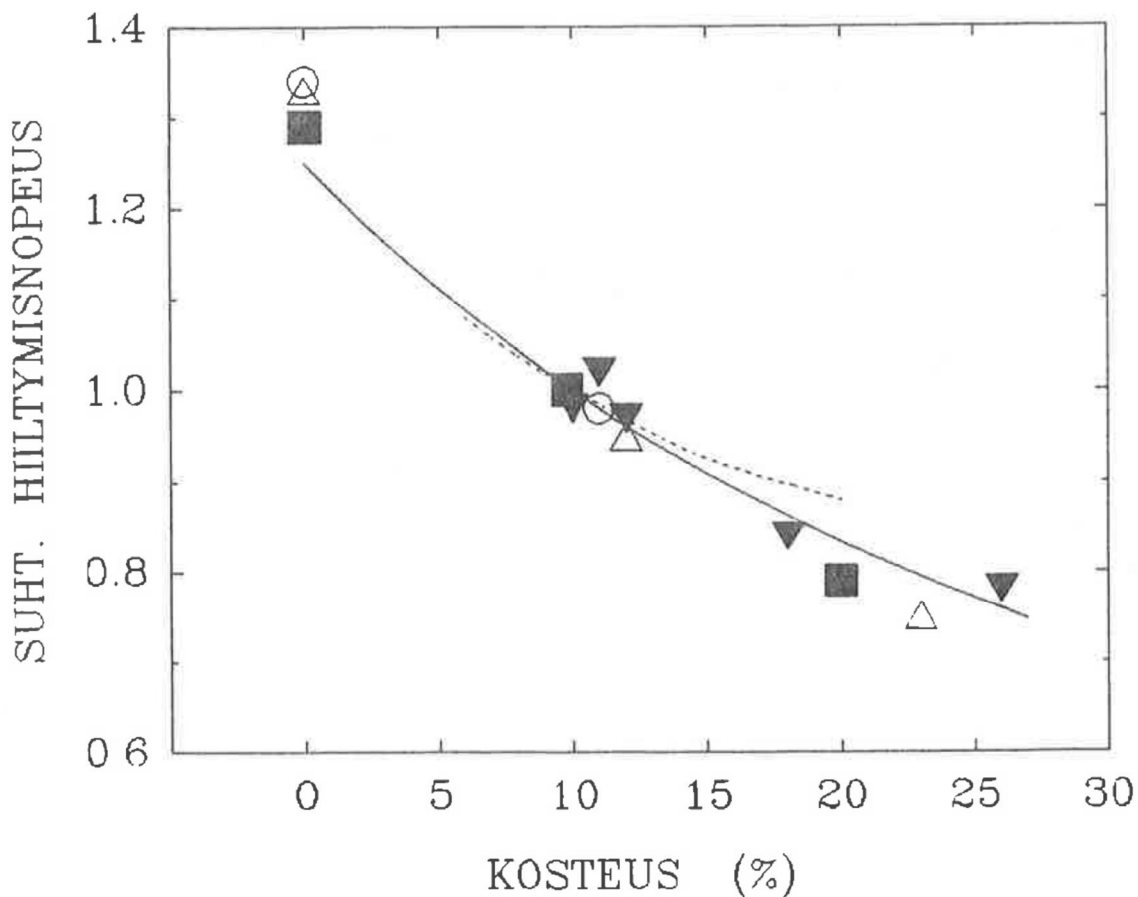
Luokitustestauksessa koekappaleet ilmastoidaan vakio-olosuhteissa ( $23 \pm 2$  °C ja suhteellinen kosteus  $50 \pm 5$  %), jotta tulokset ovat vertailukelpoisia. Puutuotteiden osalta sekä lämmöntuoton (RHR) että hiiltymisnopeuden ( $\beta$ ) riippuvuus tuotteen sisältämästä kosteudesta on seuraava [L4-2]:

$$RHR \sim 1/(1 + 2.5 w)$$

$$\beta \sim 1/(1 + 2.5 w)$$

missä  $w$  on dimensioton suhteellinen kosteus (=kosteusprosentti/100). Tämä riippuvuus pätee ainakin ensimmäisen 20 - 30 minuutin aikana palorasituksen alusta.

Koetuloksista poimittuja puun kosteuden aiheuttamia suhteellisia muutoksia hiiltymisnopeuteen on esitetty kuvassa L4-3. Esimerkiksi kahden prosenttiyksikön muutos kosteuspitoisuudessa merkitsee noin neljän prosentin muutosta lämmöntuoton ja hiiltymisen nopeudessa. Erityisen kuivissa olosuhteissa olevan puurakenteen suurempi hiiltymisnopeus voi olla tarpeen ottaa huomioon, jos mitoitetaan aivan rakenteen minimipaksuuksille.

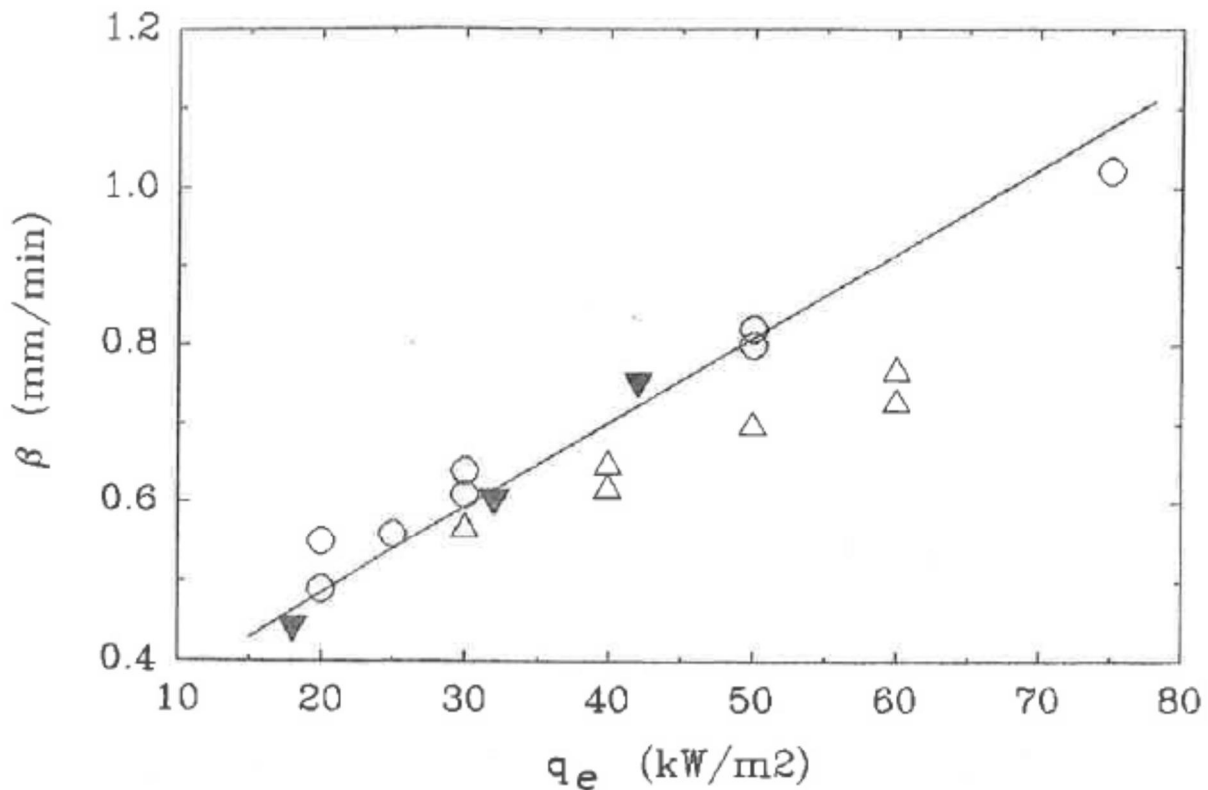


Kuva L4-3. Suhteellinen hiiltnmisnopeus (samalla myös suhteellinen lmmntuoton nopeus) kosteuden funktiona [L4-2].

#### 4 HIILTYMISNOPEUDEN RIIPPUVUUS PALORASITUKSESTA

Paloaltistuksen alkuvaiheessa suojaava hiilikerros alkaa vasta muodostua puutuotteen pinnalle ja siten palorasituksella on vaikutusta hiiltnmisnopeuteen. Kuvassa L4-4 on esitetty pienen mittakaavan (kartiokalorimetri) koetuloksia hiiltnmisnopeuden ja puupintaan kohdistuvan lmpövuon riippuvuudesta. Tulokset kuvaavat hiiltnmisen alkuvaihetta (keskimäärin ensimmäistä noin 20 minuuttia). Kun hiilikerros on saavuttanut maksimipaksuutensa (eikä siitä ole lohjennut paksuja kerroksia) muuttuu hetkellisen hiiltnmisnopeuden riippuvuus lmpövuosta oleellisesti vähäisemmäksi.

Kun puurakenteita halutaan mitoittaa todelliseen (oletettuun) palorasitukseen perustuen, tulee hiiltnmisyvyyksien määrittämisen perustua ison mittakaavan palonkestävyyskokeeseen, jossa palorasitus on oletetun rasituksen mukainen. Tämän jälkeen voidaan käyttää Eurokoodi 5:n palomitoitusosan [L4-3] mukaisia laskentasääntöjä.



Kuva L4-4. Hiiltymisnopeuden pienen mittakaavan mittaustuloksia lämpövuon funktiona [L4-2].

## 5 PALOSUOJAKÄSITTELYN VAIKUTUS PALONKESTÄVYYTEEN

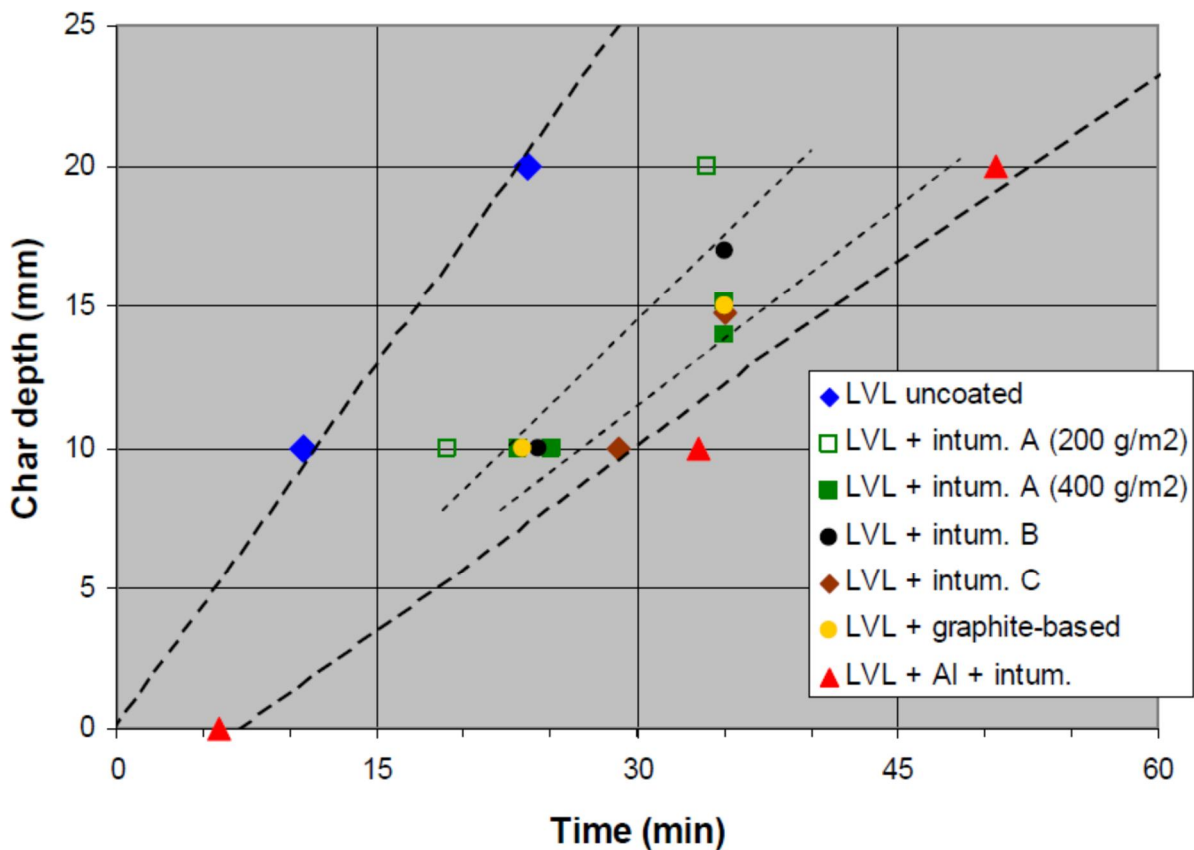
Palosuojakäsittelyllä on mahdollista vaikuttaa jonkin verran puun hiiltymiseen. Tällöin tulee kyseeseen lähinnä turpoavien pintakäsittelyaineiden käyttö.

Kuvassa L4-5 on esitetty esimerkkejä kertopuun (LVL) hiiltymän etenemisestä erilaisilla suojuuksilla palorasituksen ollessa 50 kW/m<sup>2</sup> kartiokalorimetrikokeessa [L4-4]. Näissä kokeissa suojuukset viivästyttivät hiiltymisen alkamista yleensä noin runsaat viisi minuuttia. Tämän jälkeen hiiltymisnopeudet olivat turpoavan pintakäsittelyn määrästä riippuen 57 – 84 % suojaamattoman kertopuun hiiltymisnopeuteen verrattuna. Kun lisäksi oli vielä alumiinifolio, oli hiiltymisnopeus 52 % suojaamattomaan tapaukseen verrattuna.

Nämä suhteelliset tulokset ovat suuntaa antavia hiiltymisen alkamisen viivästyttämisestä ja hiiltymisnopeuden pienemisestä. Tulokset pätevät runsaan puolen tunnin altistusajalle ja kyseisille tuotteille.

Palosuojakäsitteltyjen puurakenteiden palomitoituksessa tulee hiiltymäsyvyyksien määrittämisen perustua ison mittakaavan palonkestävyysskokeeseen, jossa palorasitus on standardipalon (tai oletetun palorasituksen) mukainen. Tämän jälkeen voidaan käyttää Eurokoodi 5:n palomitoitusosan [L4-3] mukaisia laskentasääntöjä.





Kuva L4-5. Eri tavoilla suojattujen kertopuunäytteiden hiiltymisen eteneminen kun palorasituksena on ollut 50 kW/m<sup>2</sup> kartiokalorimetrikokeessa [L4-4].

#### Lähteet

- L4-1. Mikkola, E. 1989. Puupinnan syttyminen. VTT, Espoo. VTT Tiedotteita 1057. 48 s.
- L4-2. Mikkola, E. Puun hiiltymisen. VTT Tutkimuksia 689, 1990.
- L4-3. SFS-EN 1995-1-2 Eurokoodi 5. Puurakenteiden suunnittelu. Osa 1-2: Yleistä. Puurakenteiden palomitoitus. SFS 2004.
- L4-4. Hakkarainen, T. Thin thermal barriers for wood based products to improve fire resistance. Research report VTT-R-07061-09. 2010.