

Ekologiset ja innovatiiviset rakenteet tulikokeessa Paloturvallisuutta numeerisin ja kokeellisin menetelmin

Rakennetekniikan päivä 2026

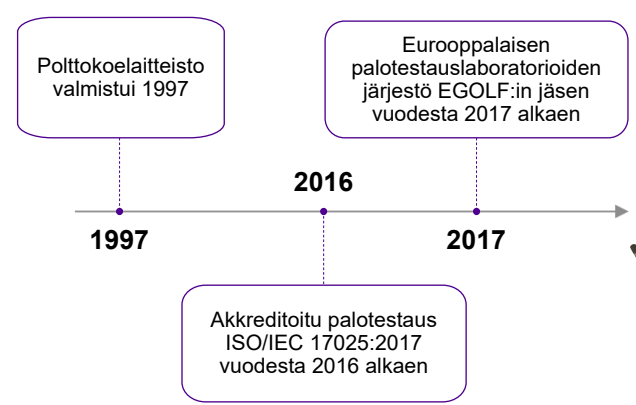
Mikko Malaska, professori

Metalli- ja kevytrakenteiden tutkimusryhmä
Rakennetun ympäristön tiedekunta, Tampereen yliopisto
<https://research.tuni.fi/metke/about/>

1



Tampereen yliopisto Akkreditoitu palolaboratorio



1997 Polttokoelaitteisto valmistui 1997

2016 Akkreditoitu palotestaus ISO/IEC 17025:2017 vuodesta 2016 alkaen

2017 Eurooppalaisen palotestauslaboratorioiden järjestö EGOLF:in jäsen vuodesta 2017 alkaen



Polttokoeuunissa voidaan testata:

- pystysuunnassa 3 m x 3 m ja
- vaakasuunnassa 3 m x 4 m koekappaleita

Rakennetekniikan päivä 24.3.2026 / Mikko Malaska

25.3.2026 | 2

2

Akkreditoitu palotestaus

<https://www.tuni.fi/fi/tutkimus/akkreditoitu-palotestaus>

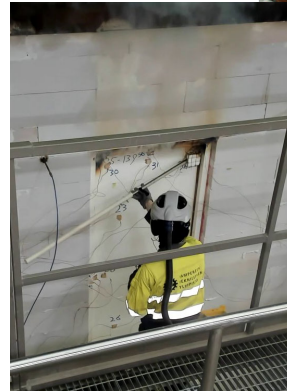
Akkreditoitu pätevyysalue

FINAS T300, www.finas.fi

- Palonkestävyys, yleiset vaatimukset EN 1363-1
- Ei-kantavat rakenteet, seinät EN 1364-1
- Ovet, luukut ja ikkunat EN 1634-1
- Palonkestävyysskoekiden tuloksiin perustuva paloluokitus EN 13501-1



Rakennetekniikan päivä 24.3.2026 / Mikko Malaska



25.3.2026 | 3

3

Tutkimuslaitteisto

Kombiuuni, joka muuntuu

- 3 m x 4 m vaakauuniksi
- 3 m x 3 m pystyuuniksi
- Vaakarakenteet voidaan testata kuormitettuna
- 120 kanavaa lämpötilamittauksille
- 2 videokameraa kuvaa uunin sisäpuolelta
- 1 lämpökamera ja videokamerat uunin ulkopuolella
- Koekappaleet voidaan siirtää vesialtaaseen ja sammuttaa nopeasti kokeen jälkeen



Rakennetekniikan päivä 24.3.2026 / Mikko Malaska

25.3.2026 | 4

4

CLT:n hiiltyminen luonnollisessa palossa

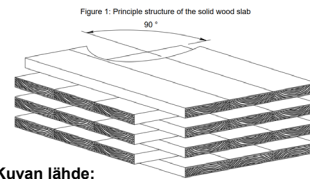
Tutkimuksen tavoitteena on:

- Tuottaa kokeellista tietoa suojaamattoman ja palosuojatun CLT rakenteen lämpenemisestä ja hiiltymisestä luonnollisessa palossa, joka sisältää sekä palo- että jäähtymisvaiheet
- Kehittää menetelmä, jonka avulla puun tehollista poikkileikkausta voidaan arvioida luonnollisen paloaltistuksen tapauksessa (oletettuun palonkehitykseen perustuva mitoitus)

$$d_{ef} = \boxed{\text{Hiiltymissyvyys}} + \boxed{\text{Kerros, jossa lujuus ja jäykkyys heikentyneet}}$$

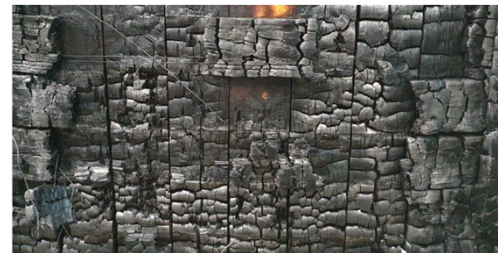
$$d_{ef} = d_{char,par} + d_{0,par}$$

Rakennetekniikan päivä 24.3.2026 / Mikko Malaska



Kuvan lähde:

EAD 130005-00-0304, Solid wood slab element to be used as a structural element in buildings



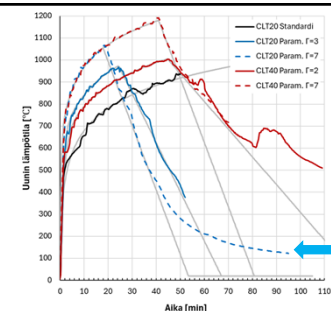
25.3.2026 | 5

5

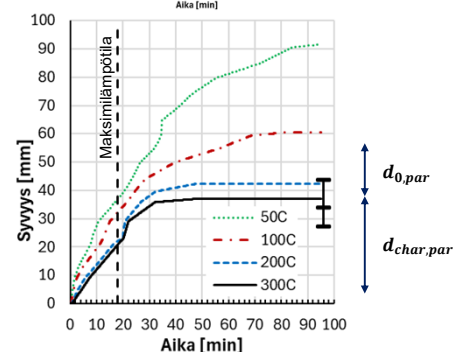
CLT:n hiiltyminen luonnollisessa palossa

- Lämpötilan noustessa palon kasvu- ja täyden palon vaiheissa lämpöaalto etenee puun pinnasta syvemmälle rakenteeseen.
- Jäähtymisen aikana palotilan lämpötila laskee, mutta se on edelleen korkeampi kuin puurakenteen lämpötila ja lämpöaalto jatkaa etenemistä syvemmälle rakenteeseen.
- Lämpötilat puurakenteen sisällä jatkavat tästä syystä nousuaan pitkään sen jälkeen, kun palo on sammunut.
- Häiriintymätön puu hiiltymisrajan takana menettää lujuuttaan ja jäykkyyttään myös siinä vaiheessa, kun hiiltymisen eteneminen on pysähtynyt.
- Miten pitkälle hiiltymisen ja lämpötilan nousu etenevät palon ja jäähtymisvaiheen aikana? Sortuuko rakenne jäähtymisen aikana?

Rakennetekniikan päivä 24.3.2026 / Mikko Malaska



Alla olevat tulokset ovat kokeesta, jossa CLT:n lamellipaksuus oli 20 mm ja $\Gamma=7$.



Puurakenteen lämpötila ajan funktiona

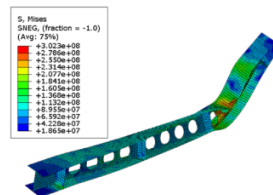
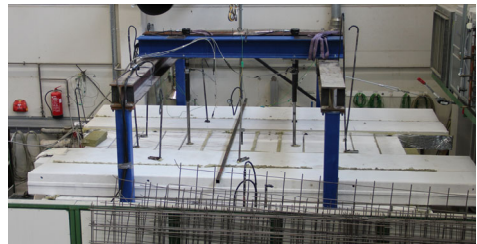
25.3.2026 | 6

6

Palkkikokeita

Kuormitetut teräspalkkirakenteet

- Palkin jänneväli 4.5 m tai 3.5 m
- Experimental and numerical analysis of stainless steel cellular beams in fire, <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2021.103277>
- Performance of structural stainless steel following a fire, <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.112001>



Rakennetekniikan päivä 24.3.2026 / Mikko Malaska

25.3.2026 | 7

7

Välipohjakokeita

- Yläpohjan polttokoe kuormitettuna painoilla



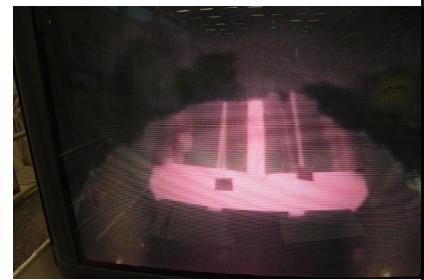
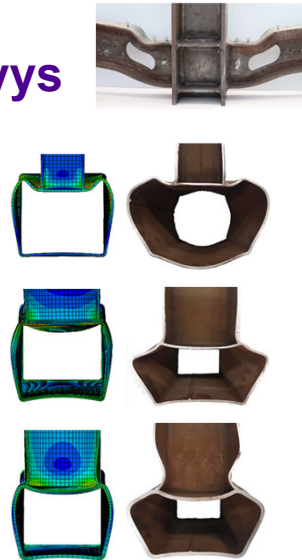
Rakennetekniikan päivä 24.3.2026 / Mikko Malaska

25.3.2026 | 8

8

Teräsrakenteiden liitosten palonkestävyys

- Numeerinen ja kokeellinen tutkimus
- Resistance of Axially Loaded Square Hollow Section T-Joints at Elevated Temperatures, <https://trepo.tuni.fi/handle/10024/133904>
- Behaviour of reduced web section connections in fire - an experimental and numerical study, <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2025.109938>



Rakennetekniikan päivä 24.3.2026 / Mikko Malaska

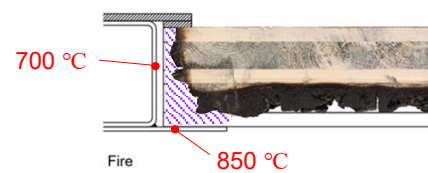
25.3.2026 | 9

9

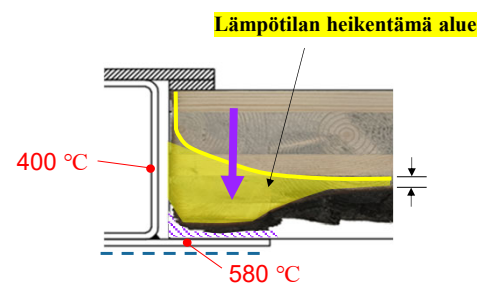
Teräs-puu-liittorakenteet

Tutkimuksen tavoitteena on:

- Tuottaa tietoa hybridipalkin poikkileikkauksen lämpötilaprofiileista ja hiiltymisestä palon aikana
- Selvittää, miten erilaiset palosuojausratkaisut vaikuttavat lämpötiloihin ja hiiltymiskäyttäytymiseen
- Arvioida ovatko jäännöspoikkileikkaus sekä liittovaikutus riittävät täyttämään kaikki rakenteellisen palonkestävyyden vaatimukset.
- Fire Performance of Steel-Timber Hybrid Beam Section, <https://doi.org/10.1007/s10694-023-01471-y>



Suojaamaton teräsprofiili



Palosuojattu teräsprofiilin alalaippa

Rakennetekniikan päivä 24.3.2026 / Mikko Malaska

25.3.2026 | 10

10

Ekologisia rakenteita

- Ilman liimaa valmistettu Lohenpyrstö-massiivipuurakenne, DOI: 10.52202/069179-0033
- Savetetulla kutterieristeellä eristetty ja savirapattu väliseinä, <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-03-2958-7>



Rakennetekniikan päivä 24.3.2026 / Mikko Malaska

25.3.2026 | 11

11

Kiitos mielenkiinnosta

Mikko Malaska, professori
mikko.malaska@tuni.fi
<https://orcid.org/0000-0002-8215-9765>

Metalli- ja kevytrakenteiden tutkimusryhmä
<https://research.tuni.fi/metke/about/>



Rakennetekniikan päivä 24.3.2026 / Mikko Malaska

25.3.2026 | 12

12