Palotekninen Insinööritoimisto Markku Kauriala Oy

Mikko Salminen

mikko.salminen@kauriala.fi

Palotekninen Insinööritoimisto Markku Kauriala Oy ©

Paikallisen palon sijainnin vaikutus teräspilarin palonkestävyyteen

Palotekninen Insinööritoimisto
Markku Kauriala Oy ©

Palo- ja rakennemalleista

Fire Model \ Structural Model		Materials & Partial Elements	Single Elements	Sub-Frame Assemblies	Transiently Simulated Restrained Assemblies	Full-Scale Structures
Elevated Temperature Exposures (transient or steady-state)	Steady-state / Transient-state	Generate design/model input data	O/R [L]	M/C	M/C	M/C [E.1-2]
Standard Fires	ISO 834	Generate design input data	**Obtain fire resistance ratings (STANDARD)** [T]	O/R [O]	M/C [W]	M/C [A]
Equivalent Fire Severity to a Standard Fire	ISO 834	Validation of fire severity concept	Obtain fire resistance ratings (using alternative metric for fire severety) [Q]	O/R	O/R	M/C [B];[G];[N]
Parametrically Defined Model Fires	Fire = f()	Generate design input data (highly dependant time-temperature phemnomenon)	O/R	O/R [K];[M];[R];[S]	O/R	O/R [E.3-5]; [H];[J];[L];[U];[V]
Localised Model Fires		Generate design input data (highly dependant time-temperature phemnomenon)	O/R	O/R	O/R	O/R
Zone Model Fires		Research (highly dependant time-temperature phemnomenon)	M/C	O/R	O/R	O/R [I]
Field Model Fires		Research (highly dependant time-temperature phemnomenon)	M/C	M/C	O/R	O/R
Real Fires	Real fire	Research (highly dependant time-temperature phemnomenon) [P]	M/C	M/C [C];[D];[F]	O/R	**Research REAL behaviour in a REAL fire** [E.6]

[Bisby, Training School for Young Researchers, Malta 2012]

J-M Franssen:

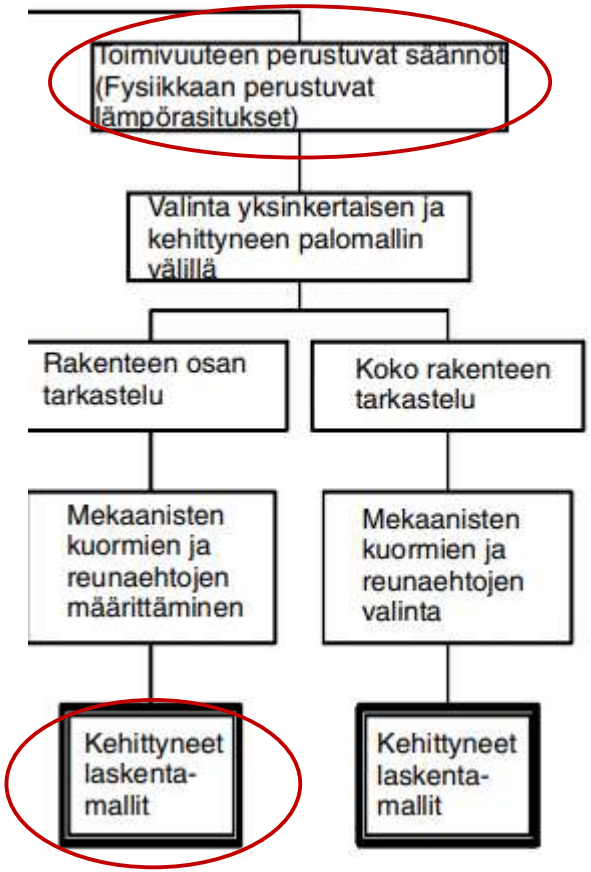
”Make it simple…or not! But not both”

A Buchanan:

”Consistent level of crudeness”

Mitä Eurokoodi sanoo

- 4.2.3.2 (1) Puristetut sauvat, jotka kuuluvat poikkileikkausluokkiin 1,2 tai 3: …kun poikkileikkauksen lämpötila on tasan jakautunut, …
- 4.2.3.2 (5) Nimellisen paloaltistuksen tapauksessa puristetun sauvan kestävyyden mitoitusarvo,… …kun lämpötila on epätasainen, voidaan valita yhtä suureksi kuin sauvan kestävyyden mitoitusarvo, kun lämpötilajakautuma on tasainen vastaten arvoa, joka on yhtä suuri kuin teräksen suurin lämpötila.
- 2.4.3 Rakenteen osan tarkastelu (4): Käytettäessä rakenteen osien tarkastelua rakenteiden mitoittamiseksi palotilanteessa seuraavat asiat otetaan huomioon: vauriomuoto palotilanteessa, lämpötilasta riippuvat materiaaliominaisuudet ja sauvojen jäykkyys, lämmön aiheuttama pituuden ja muodon muuttuminen (epäsuorat vaikutukset palotilanteessa)



Ote kuvasta 1 (SFS-EN 1993-1-2): Mitoitusmenettelyt

Palotekninen Insinööritoimisto
Markku Kauriala Oy ©

Aiempaa tutkimusta maailmalta

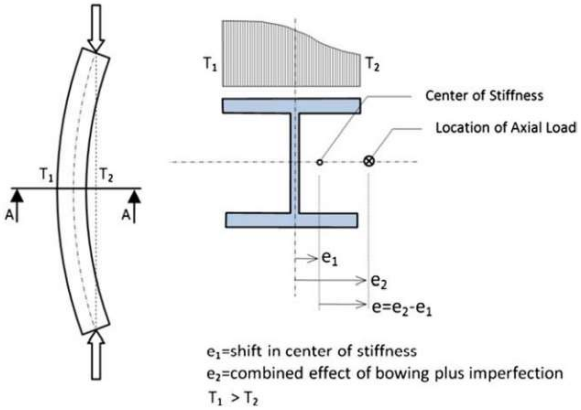
Mechanics of Wide-flanged Steel Sections that Develop Thermal Gradients Due to Fire Exposure

Maria E. M. Garlock* and Spencer E. Quiel

Department of Civil and Environmental Engineering, Princeton University, Princeton, NJ 08544 USA

- *It was shown that the effective centroid (i.e. the center of stiffness) of the section moves toward the cooler side as the temperature through the section unevenly increases.*
- *This shift of the effective centroid produces a bending moment*

LOCAFI- ja LOCAFI+ hankkeet



Fire design of steel columns: Effects of thermal gradients

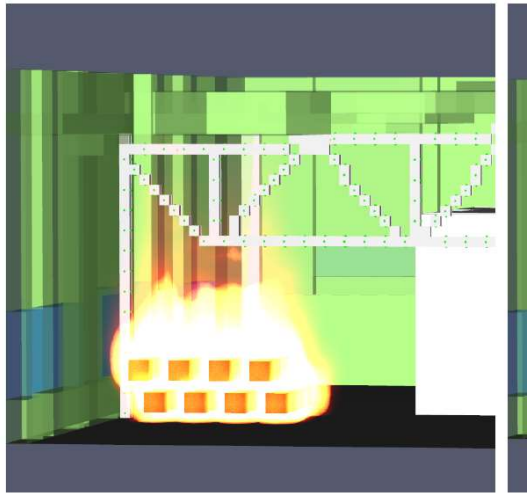
Anil Agarwal [a,*], Lisa Choe [b], Amit H. Varma [c]

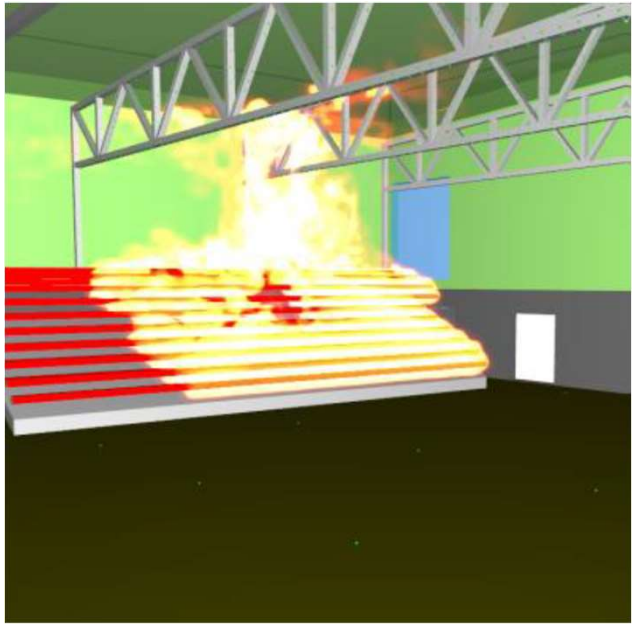
[a] *Bentley Systems, Inc., Exton, PA 19341, United States*
[b] *Research Structural Engineer, NIST, Gaithersburg, MD 20877, United States*
[c] *School of Civil Eng., Purdue University, West Lafayette, IN 47907, United States*

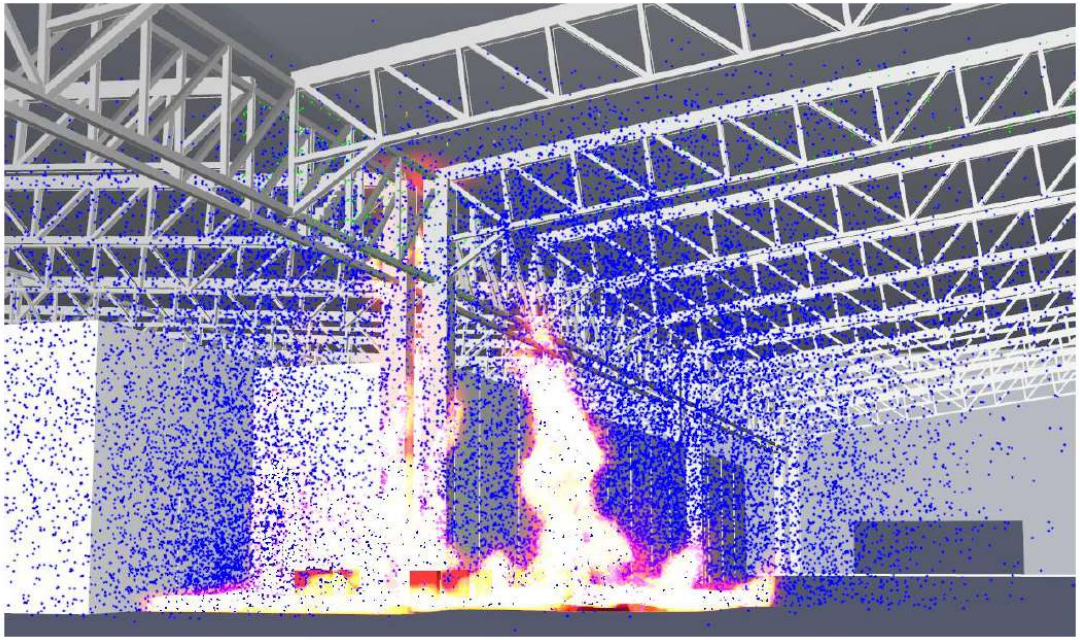
Palotekninen Insinööritoimisto Markku Kauriala Oy ©

Tärkeimpiä kysymyksiä

- Palon sijainnin vaikutus pilarin kestävyyteen?
- Kriittinen keskimääräinen lämpötila?
- Eurokoodien yksinkertaisten kaavojen käyttö?

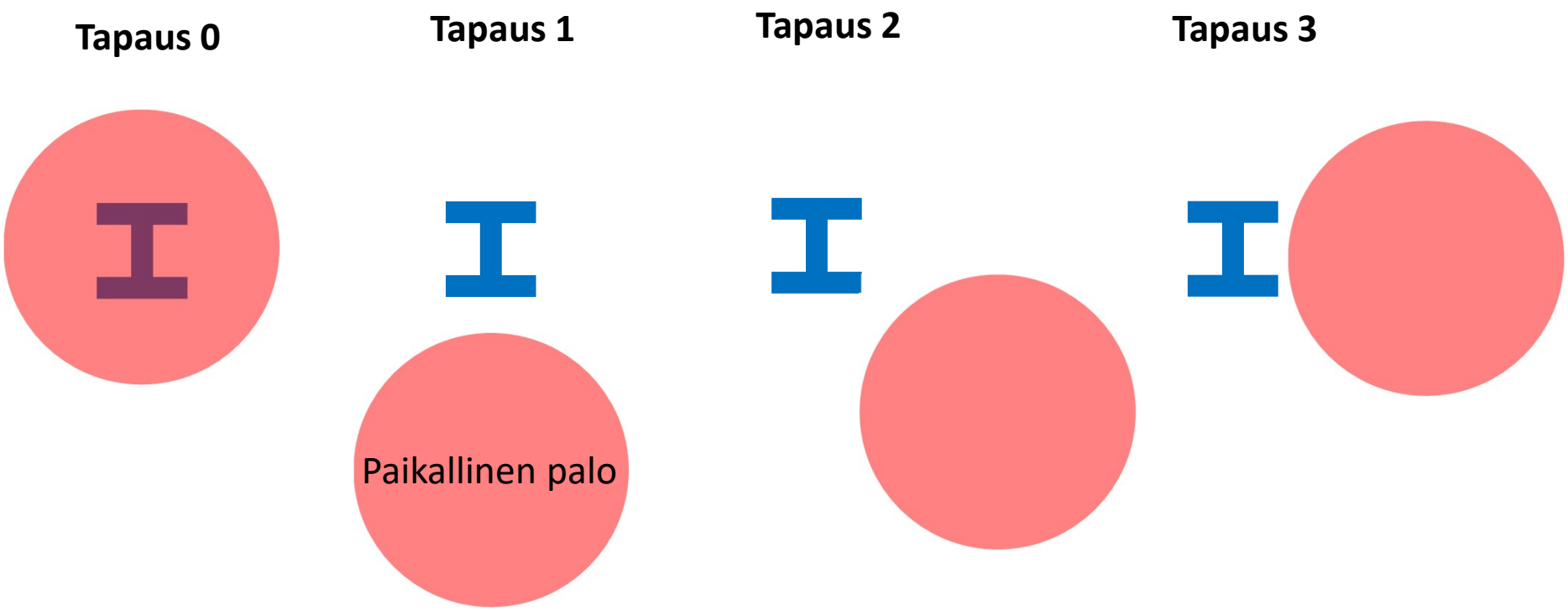






Tutkitut tapaukset

- Profiili: W8 x 35
- Pituudet: 2,5 m, 3,5 m ja 5 m
- Kuormitus siten, että kaikki tapauksille tuli Eurokoodin mukainen kriittinen lämpötila 500 °C ja 600 °C (kun tasainen lämpötilajakauma)
- 4 sijaintia palolle



Palotekninen Insinööritoimisto
Markku Kauriala Oy ©

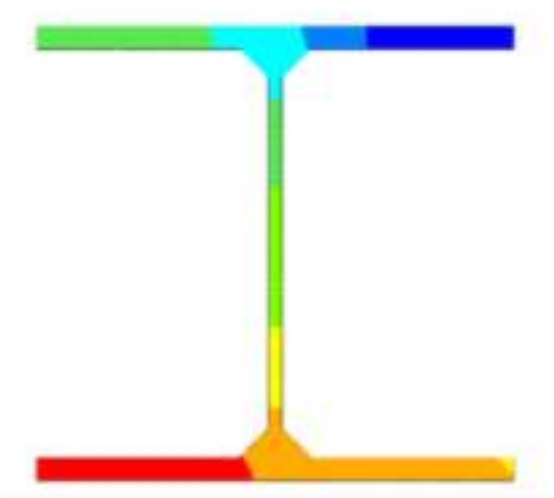
Laskentamallista

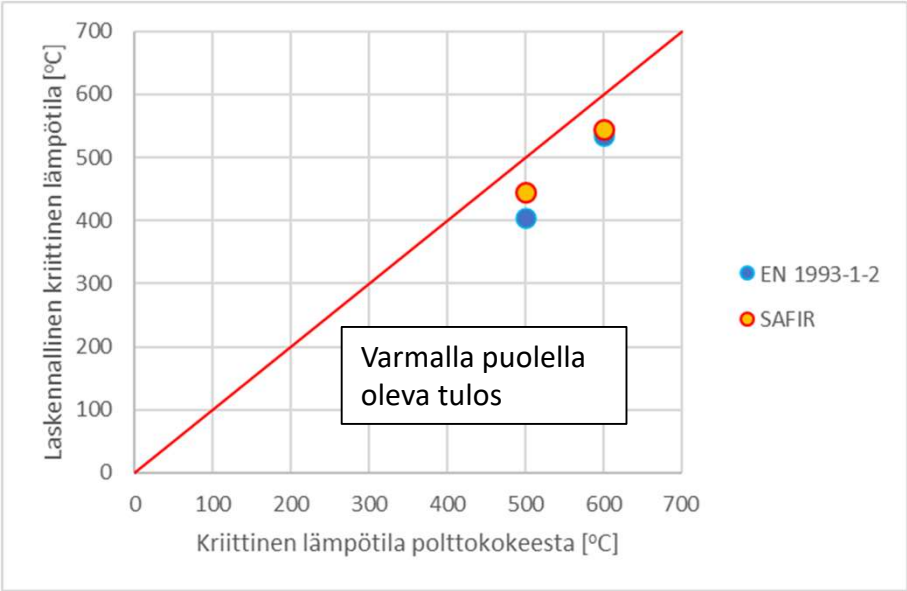
- Poikkileikkauksen lämpötilajakauma -> SAFIR
- Rakenneanalyysi palkkielementeillä -> SAFIR
- Validointi polttokokeisiin (tasainen lämpötilajakauma)

Fundamental Behavior of Steel Beam-Columns and Columns under Fire Loading: Experimental Evaluation

Article *in* Journal of Structural Engineering · September 2011

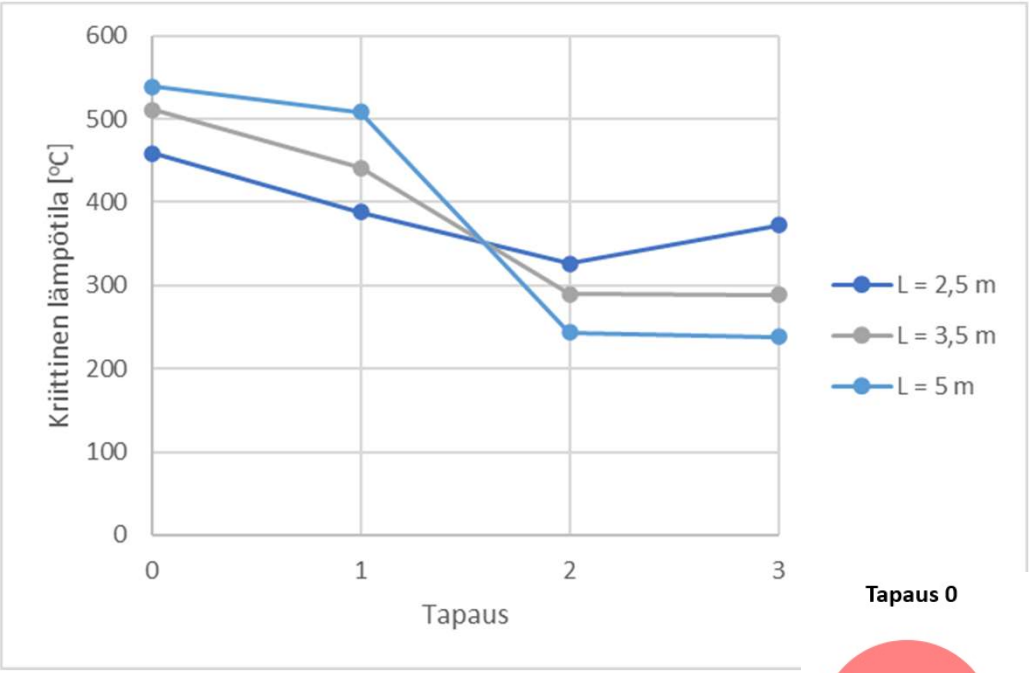
DOI: 10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0000446



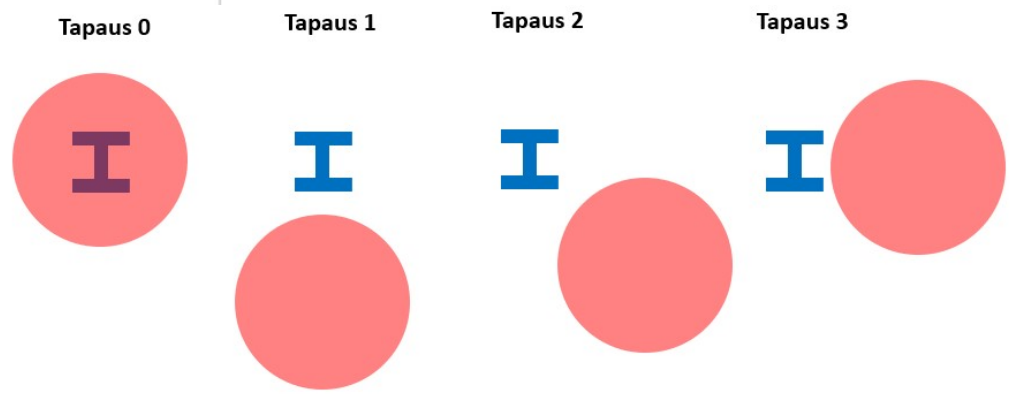


Palotekninen Insinööritoimisto
Markku Kauriala Oy ©

Tulokset: Pilarin keskimääräinen kriittinen lämpötila

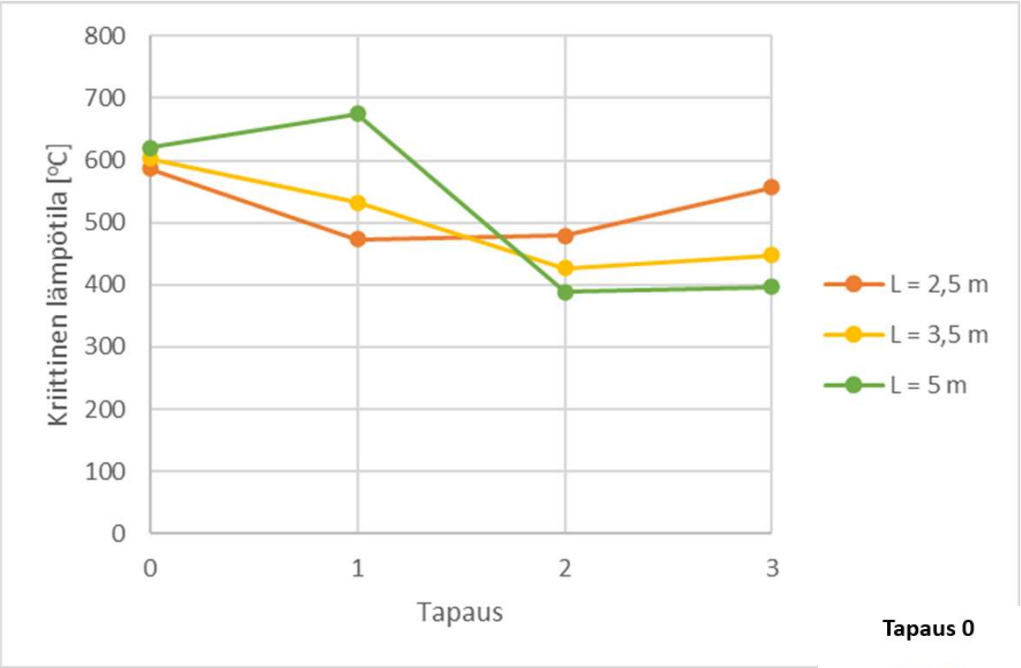


T,cr,EN = 500 ºC

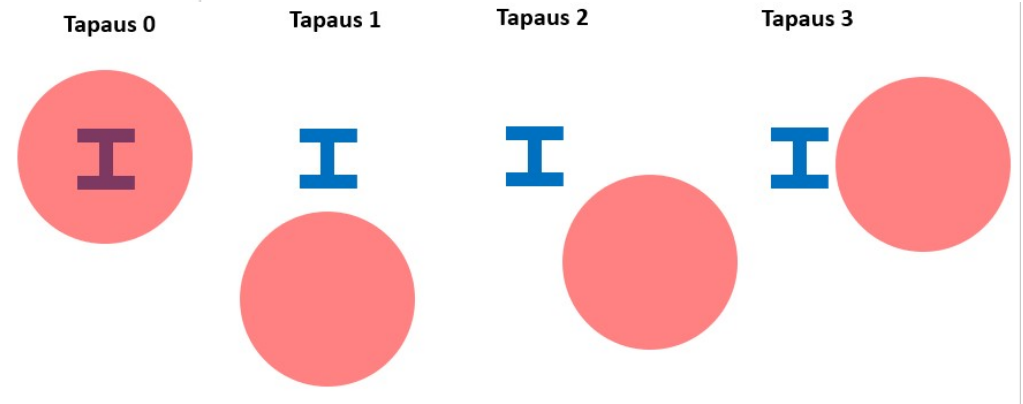


Palotekninen Insinööritoimisto
Markku Kauriala Oy ©

Tulokset: Pilarin keskimääräinen kriittinen lämpötila



T,cr,EN = 600 °C



Palotekninen Insinööritoimisto
Markku Kauriala Oy ©

Johtopäätökset

- Keskimääräisen lämpötilan käyttö pilareiden palomitoituksessa johtaa usein selvästi epävarmalla puolella olevaan tulokseen, mikäli lämpötilajakauma on selvästi epätasainen
- Maksimilämpötilan käyttö tutkittava vielä erikseen -> johtanee kuitenkin liian selvästi varmalla puolella oleviin tuloksiin
- Toiminnallisessa mitoituksessa mitoituspalon sijainnilla pilariin nähden on suuri vaikutus

Palotekninen Insinööritoimisto
Markku Kauriala Oy ©

Kiitos! Kysymyksiä?

Mikko Salminen

Johtava asiantuntija

mikko.salminen@kauriala.fi